

**Eine empirische Studie zum Einsatz von schülerzentrierten
Unterrichtsmethoden im Natur- und Technik-Unterricht zum
Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von
Diplom-Biologin

Sabine Gerstner
2009

Diese Arbeit wurde von April 2006 bis April 2009 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.).

Promotionsgesuch eingereicht am: 17. April 2009

Tag des wissenschaftlichen Kolloquiums: 24. November 2009

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner	(Erster Gutachter)
Prof. Dr. Ludwig Haag	(Zweiter Gutachter)
Prof. Dr. Konrad Dettner	(Vorsitzender)
Prof. Dr. Stephan Clemens	
Prof. Dr. Stefan Peiffer	

Inhaltsverzeichnis

1	Summary	5
2	Zusammenfassung	7
3	Ausführliche Zusammenfassung	9
3.1	Einleitung und Ziele der Arbeit	9
3.2	Untersuchungsdesign und Datenerhebung	18
3.3	Ergebnisse und Diskussion	22
4	Literaturverzeichnis der Zusammenfassung	28
5	Liste der Publikationen	33
6	Darstellung des Eigenanteils	34
7	Teilarbeiten	35
7.1	Teilarbeit A	35
7.2	Teilarbeit B	68
7.3	Teilarbeit C	88
8	Anhang	111
8.1	Die Lernstationen zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“	111
8.2	Bilder der Interventionseinheit	120
8.3	Arbeitsheft zu den Lernstationen	122
8.4	Lösungsheft „Benno weiß Rat“	141
8.5	Verwendete Fragebögen	155

Danksagung

Erklärung

1. Summary

The topic “water” is an essential part in the Bavarian science curriculum of grade 5. Under the paragraph “natural scientific working” an application of student-centred teaching styles like learning at work stations and concept mapping is considered. This is specifically included in this present study, by empirically testing the influence of two instructional methods which base itself on cognition and motivation.

In the first part of the study, learning at work stations was tested against a teacher-centred instruction. Both instructional types dealt with the very same topics; the only difference was that students who participated in learning at work stations did experiments on their own whereas students of the teacher-centred approach only watched their teacher while performing those experiments. Both groups took part in a following concept mapping phase for consolidating their newly acquired knowledge immediately after the “hands-on” and the teacher-centred instruction. The influence of both instruction methods was tested regarding students’ short-term and long-term learning success and their motivation. Results show that students from both teaching styles showed a similar long-term learning success. Although concept mapping was implemented the first time in all of the classes it showed already a positive influence on students’ short-term learning success compared to a control group without consolidation phase. Interest, perceived choice and competence were recorded very high but did not differ between the two instructional styles.

The second part of this study dealt with the quality of concept maps. It could be shown that students participating in the teacher-centred instruction produced concept map of higher complexity than students of the “hands-on” approach. Furthermore, gender effects were detected. Girls produced more complex maps than their male classmates. The interaction of the both variables “gender” and “number of sub-nets per concept map” showed a significant effect on long-term learning success.

Part III of the present study gave important insight into students’ perception of boredom during regular natural science classes. Therefore, a battery developed by Lohrmann (2008) was used which was implemented the first time in natural science classes in this study measuring students’ boredom in different modes of instruction. A cluster-analysis of the boredom questionnaire revealed four student types classified by their perception of boredom. On the one hand, there are “optimal” and “moderate” challenged students, but on the other hand it also characterised students as “reluctant” and “bored”. Students’ interest

in an altered teaching style (learning at work stations) was especially high among those who were already satisfied with regular science instruction.

The present study provides new evidence for the effectiveness of student-centred teaching styles in natural science education. It could be shown, that the tested student-oriented instructional methods can be implemented in education without any complications and long introduction phases and show a positive effect on both short- and long-term learning success even the first time they were applied. These results should help to encourage teachers to make use of new, student-centred methods in their teaching.

2. Zusammenfassung

Das Themengebiet „Wasser“ stellt einen wichtigen Schwerpunkt im Natur- und Technik-Unterricht der 5. Klasse an Gymnasien dar. Laut Lehrplan des bayrischen Kultusministeriums ist dabei auch „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ in den Unterricht einzubeziehen. Der Einsatz schülerzentrierter Unterrichtsformen wie „Lernen an Stationen“ und „Concept Mapping“ bietet sich hierfür an. In der vorliegenden Arbeit wurde daher der Einfluss beider Unterrichtsmethoden auf kognitive und motivationale Variablen empirisch untersucht.

Obwohl ein Lernen an Stationen innerhalb der Lehrerschaft hin und wieder als ein „Spaßunterricht“ mit einem nur geringen Einfluss auf kognitives Lernen angesehen wird, wurde dieses in der ersten Teilstudie einem lehrerzentrierten Unterricht gegenübergestellt. Auf beide Unterrichtsformen, welche exakt gleiche Themen behandelten, folgte eine Concept Mapping Phase zur Wissenssicherung. Somit konnte deren Einfluss auf den kurz- und langfristigen Wissenserwerb und die Motivation der Schüler getestet werden. Es zeigte sich, dass die Schüler in beiden Unterrichtsformen einen vergleichbaren langfristigen Lernerfolg erreichten, obwohl den getesteten Schülern die Methode des Lernen an Stationen bis dato gänzlich unbekannt war. Auch die Methode des Concept Mapping wurde in den Testklassen zum ersten Mal eingesetzt und wirkte sich dennoch, verglichen mit einer Kontrollgruppe ohne Konsolidierungsphase, positiv auf den kurzfristigen Wissenserwerb aus. Das gemessene Interesse, die wahrgenommene Wahlfreiheit und Kompetenz der Schüler war bei beiden Unterrichtsformen sehr hoch und unterschied sich nicht.

In der zweiten Teilstudie wurden die erstellten Concept Maps bezüglich ihrer Qualität untersucht. Es zeigte sich, dass nach dem lehrerzentrierten Unterricht komplexere Concept Maps produziert wurden als dies nach dem Stationenlernen der Fall war. Dabei wurde zudem ein Geschlechtereffekt gemessen. Mädchen erstellten demnach die komplexeren Maps. Die Interaktion der Variablen „Geschlecht“ und „Anzahl von Wissensnetzen innerhalb einer Concept Map“ zeigte einen signifikanten Effekt auf das langfristig erworbene Wissen.

Die dritte Teilstudie lieferte Einblick in das Langeweileempfinden von Schülern während des regulären Natur- und Technik-Unterrichts. Der Einsatz eines Langeweilefragebogens nach Lohrmann (2008) wurde in dieser Studie zum ersten Mal im Natur- und Technik-Unterricht angewandt. Eine Clusteranalyse erbrachte vier Schülertypen: „Optimal geforderte“ und „mäßig geforderte“ Schüler auf der einen Seite sowie Schüler, die regelrecht während des Unterrichts „abschalten“ oder „gelangweilt“ sind. Besonders hohes Interesse an neuen

Unterrichtsformen (Lernen an Stationen) zeigten vor allem die Schüler, die bereits mit dem regulären Natur- und Technik-Unterricht sehr zufrieden waren.

Alle drei Studien zusammengekommen lieferten neue Indizien für die Effektivität von schülerzentrierten Unterrichtsformen im Natur- und Technik-Unterricht an Gymnasien. Es konnte gezeigt werden, dass die hier angeführten schülerorientierten Unterrichtsformen ohne Probleme und längere Einführungsphasen eingesetzt werden können. Bereits deren erster Einsatz liefert vergleichbare Resultate sowohl im kurzfristig als auch langfristig erworbenen Wissen. Schon allein diese Ergebnisse sollten daher Lehrer in ihrem Vorhaben bekräftigen, konsequent auch auf neue Lernformen zu setzen.

3 Ausführliche Zusammenfassung

3.1 Einleitung

„In dir selbst ist die ganze Welt verborgen, und wenn du weißt, wie man schaut und lernt, dann ist die Tür da und der Schlüssel ist in deiner Hand. Niemand kann dir diesen Schlüssel geben oder die Tür zeigen, nur du bist dazu in der Lage.“

Jiddu Krishnamurti

Das vorrangige Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, Schüler¹ näher an eine wissenschaftliche Sichtweise der Dinge heranzuführen. Lehrer² eben dieser naturwissenschaftlichen Fächer sollten die Entwicklung von Fertigkeiten, Fachwissen und konzeptionellem Verständnis von Schülern fördern und vor allem Neugierde und Interesse für wissenschaftliche Sachverhalte wecken (Sadler, 2000). Der im Schuljahr 2000/01 erstmals in Bayern eingeführte Natur- und Technik-Unterricht an Gymnasien zielt auf eine verstärkte Förderung eben dieser Kompetenzen ab (www.g8-in-bayern.de). Durch den Zusammenschluss der Fächer Biologie, Physik und Informatik in den Klassenstufen 5 bis 7 sollen die größeren Zusammenhänge zwischen den einzelnen Teilwissenschaften herausgestellt werden (www.isb.bayern.de). In der 5. Klasse wird der Unterricht dabei zweigeteilt: Einen Teil bildet der reguläre „Biologie“-Unterricht, der zweite Teil stellt „naturwissenschaftliches Arbeiten“ in den Mittelpunkt der Betrachtung. Gerade naturwissenschaftliches Arbeiten, wie der Name schon sagt, erlaubt es dem Lehrer, seinen Schüler verstärkt selbständig Versuche durchführen zu lassen und damit den Unterricht generell offener bzw. schülerzentrierter³ zu gestalten. Die Chance neue Unterrichtsformen in diesem Bereich einzuführen nehmen jedoch viele Lehrer bisher nicht wahr (Bohl, 2001). Die Akzeptanz von offenen Unterrichtsmethoden steigt jedoch erst bei häufigerer Anwendung, denn laut Bohl (2001) lassen sich die Lernpotentiale von offenen Unterrichtsformen nicht durch gelegentliche Anwendung entfalten. Doch gilt dieser Befund wirklich für alle offenen Unterrichtsformen? Sturm und Bogner (2008) zeigten beispielsweise, dass die Unterrichtsform „Lernen an Stationen“ durch eine kurze, methodische Einführungsphase den gleichen langfristigen Wissenserwerb erbrachte wie ein lehrerzentrierter Unterricht zum identischen Thema. In der vorliegenden Arbeit wurde zusätzlich zu einer 10minütigen

¹ Nachfolgend wird zur besseren Lesbarkeit nur noch die männliche Form verwendet.

² Nachfolgend wird zur besseren Lesbarkeit nur noch die männliche Form verwendet.

³ Die Begriffe „schülerzentriert“, „schülerorientiert“ werden im Folgenden synonym verwendet.

methodischen Einführungsphase eine weitere schülerzentrierte Unterrichtsform, nämlich „Concept Mapping“, als Wissenssicherungsphase an ein Stationenlernen⁴ angeschlossen. Auch beim Concept Mapping handelte es sich um eine für die Schüler neue Unterrichtsmethode. Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss dieser erstmalig eingesetzten Kombination von Unterrichtsformen, Lernen an Stationen und Concept Mapping, auf den Wissenserwerb der Schüler und deren Motivation hin zu testen.

„Wie gelangt das Wasser in die Pflanze?“ und „Was passiert im Wasserkreislauf?“ - Diesen und ähnlichen Fragen zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“ sollten Schüler der 5. Klasse an Gymnasien innerhalb der vorliegenden Promotionsstudie anhand schülerzentrierter Unterrichtsformen nachgehen. Das Thema „Wasser“ ist im bayrischen Lehrplänen spiralig eingebaut, d.h. nicht nur in der Grundschule, sondern auch an Haupt-, Realschulen und Gymnasien wird es wiederholt aufgegriffen und macht gerade in der 5. Klasse an Gymnasien einen großen Teil des Natur- und Technik-Unterrichts aus. „Wasser“ bildet hier ein eigenständiges Themengebiet innerhalb des „naturwissenschaftlichen Arbeitens“, wobei besonderer Wert auf den Einsatz unterschiedlicher fachgemäßer Arbeitsweisen und Unterrichtsmethoden gelegt wird (www.isb.bayern.de). Dazu gehört neben dem Erlernen der Handhabung von Messgeräten das eigenständige Experimentieren. Dies wiederum kann nur durch schülerzentrierte Unterrichtformen gewährleistet werden, die auf einem konstruktivistischen Ansatz der Wissensaufnahme basieren, der besagt, dass Lernen ein selbst gesteuerter und aktiver Prozess ist. Schüler müssen sich demnach ihr Wissen selbständig aneignen, da es nicht einfach vermittelt werden kann. Reines Auswendiglernen, welches zu „trägem Wissen“ führt, soll weitestgehend vermieden werden, während ein „meaningful learning“, also ein „verstehendes Lernen“ hingegen gestärkt werden soll (Duit, 1995; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Gräsel, 2000).

Warum aber gibt es in der didaktischen Fachliteratur wiederholt die Forderung nach einem schülerzentrierten, kooperativen Unterricht? Internationale Studien weisen auf viele positive Effekte offener Unterrichtsformen hin, die im Folgenden näher beleuchtet werden sollen:

So berichten Johnson et al. (1991) in ihrer Studie, dass Schüler, die in einem schülerzentrierten Unterricht in Teamwork kleinere Aufgaben bewältigen, nicht nur ein tieferes Verständnis des Sachgebietes an den Tag legten, sondern dass sie sich auch länger an den im Unterricht behandelten Lernstoff erinnern und diesen abrufen konnten als Schüler, die nur an „klassischen“ Formen lehrerzentrierten Unterrichts teilnahmen.

⁴ Die Begriffe „Lernen an Stationen“, „Stationenlernen“ und „Lernzirkel“ werden im Folgenden synonym verwendet.

Lord (1997) konnte aufzeigen, dass Collegestudenten in schülerorientierten Unterrichtsformen signifikant höhere Lernleistungen erbrachten, als ein konventioneller, lehrerzentrierter Unterricht dies vermochte. Auch die gemessene „Freude am Unterricht“ war bei schülerzentriert Unterrichteten deutlich höher als bei der Kontrollgruppe. Darüber hinaus können soziale Kompetenzen durch schülerzentrierte und kooperative Lernformen ausgebaut werden. So ist bekannt, dass gerade ein lehrerzentrierter Frontalunterricht das Individualdenken fördert, da sich die Schüler in dieser Unterrichtsform vornehmlich auf ihre eigenen Noten konzentrieren und sich verstärkt an Anderen messen (Stahle & VanSickle, 1992). Schüler, die in einer kooperativen Lernumgebung lernen, zeigen jedoch häufiger empathische und altruistische Verhaltensweisen als ihre vornehmlich „lehrerzentriert geprägten“ Schulkollegen, deren Handlungsmotive stärker wettbewerbsorientiert sind (Lord, 2001).

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der für den Einsatz schülerorientierter Unterrichtsformen ins Feld geführt werden kann, ist die Motivation. Laut der Selbstbestimmungstheorie erhöht sich die Motivation der Schüler im Unterricht, wenn ihr Autonomie- und Kompetenzerleben und ihre soziale Eingebundenheit gefördert werden (Deci & Ryan, 1985, 1991; Ryan & Deci, 2000). Gerade schülerzentrierte Unterrichtsformen begünstigen diese psychologischen Komponenten und führen schließlich zu einem höheren Lernerfolg und zu einer positiven "psychischen Entwicklung" der Schüler (Black & Deci, 2000).

Lernen an Stationen gehört wie auch der Projektunterricht und die Freiarbeit zu diesen schülerzentrierten, offenen Unterrichtsformen (Killermann et al., 2005). Der Begriff des „offenen Unterrichts“ geht auf den aus den USA stammenden Terminus „open education“ zurück, der eine Unterrichtsform beschreibt, in der individuelle Lernprozesse der Schüler in den Vordergrund rücken (Hanke, 2005). Die Öffnung des Unterricht kann laut Wallrabenstein (2001) auf drei Ebenen von statten gehen; Neben der inhaltlichen und institutionellen Öffnung kann der Unterricht auch auf der organisatorischen/methodischen Ebene offener gestaltet werden. Bei den Methoden steht selbstbestimmtes Lernen und Arbeiten der Schüler im Vordergrund. Der offene Unterricht basiert somit auf der konstruktivistischen Lerntheorie, wonach Lernen ein selbstgesteuerter und aktiver Prozess ist, und nicht vermittelt werden kann (Duit, 1995; Gerstenmaier & Mandl, 1995). In der vorliegenden Arbeit wurde durch den Einsatz der schülerzentrierten Unterrichtsform „Lernen an Stationen“ demnach der Unterricht „methodisch“ geöffnet.

Ansätze eines Stationenlernens finden sich bereits bei Helen Parkhurst in den 1920er Jahren. Damals sollte die Arbeit mit altersgemischten Schülern erleichtert werden, weshalb man so genannte „subject corners“ einsetzte, welche den Schülern ein selbständiges Arbeiten nach ihrem individuellen Arbeitstempo erleichtern sollten (Beuren & Dahm, 2000). Beim Lernen an Stationen sind Schüler nicht nur in der Lage, sich eigenständig oder in Partnerarbeit gemäß ihres eigenen Arbeitstempos mit einem bestimmten Themengebiet auseinanderzusetzen, sondern sie bestimmen auch die Reihenfolge selbst, in der sie sich mit den unterschiedlich dargebotenen Themen beschäftigen möchten. Ein weiterer Aspekt der das Autonomieempfinden der Schüler steigern soll, ist die Selbstkontrolle der eigenen Lernleistung. Wie essenziell eine Reflexions- bzw. Wissenssicherungsphase nach einem Stationenlernen für die Schüler ist betont insbesondere Kammermeyer (1999): Bei der Arbeit an den Stationen besteht die Gefahr, dass Zusammenhangswissen zu kurz kommt. Dem sollte in dieser Studie durch den anschließenden Einsatz von Concept Mapping entgegengewirkt werden.

Concept Mapping liefert einen geeigneten Lösungsvorschlag für die allgemeine Forderung nach verstehendem Lernen („meaningful learning“) und nach konzeptuellem Verständnis von Inhalten („conceptual understanding“) sowie für die Entwicklung vernetzten Wissens in den Naturwissenschaften (Schaal, 2006). Concept Mapping, das in den 1970er Jahren von Joe D. Novak und Kollegen an der Cornell University entwickelt wurde, kann zu vielerlei Zwecken gebraucht werden: als Lernhilfe, als Evaluationsverfahren oder als Lehrmittel (Heinze-Fry & Novak, 1990; Markham et al., 1994; Willerman & Mac Harg, 1991). Concept Mapping basiert auf Ausubels Assimilationstheorie des Lernens, die besagt, dass der wichtigste Faktor, der über das Lernen bestimmt, das Vorwissen ist, an dem angeknüpft werden kann (Ausubel, 1963; 1968). So sind die Schüler während der Produktion einer Concept Map in der Lage bereits vorhandenes Wissen mit neu erworbenem Wissen zu verknüpfen. Dies geschieht über das konsequente Verknüpfen einzelner Begriffe miteinander (in Form von beschrifteten Pfeilen). Die Relation zweier Begriffe mit einem beschrifteten Pfeil wird als „Proposition“ bezeichnet und stellt die kleinste Einheit einer Concept Map dar (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Solche „Propositions“ können herangezogen werden, um die Validität einer Relation zwischen zwei Begriffen ermitteln zu können und damit die Concept Map quantitativ oder qualitativ bewerten zu können (Barenholz & Tamir, 1992; Roth & Roychoudhury, 1993; Schaal, 2006). Neben den Propositions dienen auch größere Strukturelemente zur Bewertung der Concept Maps. Dies kann u.a. durch die Klassifikation unterschiedlicher

Hierarchieebenen (Heinze-Fry & Novak, 1990) oder verschiedener Strukturmerkmale geschehen (Kinchin, Hay & Adams, 2000).

In der vorliegenden Studie wurde das Concept Mapping Verfahren sowohl als Lernhilfe als auch zur Evaluierung eingesetzt. Doch nicht nur der Einsatz von offenen Unterrichtsformen wie Concept Mapping und Lernen an Stationen war Forschungsvorhaben dieser Studie. Ein weiterer Schwerpunkt beschäftigte sich mit der Fragestellung, welchen Einfluss diese Methoden auf die Lernmotivation der Schüler haben.

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgte mittels Clusteranalyse. Im Zuge der Klassifizierung wurden die teilnehmenden Schüler verschiedenen Schülertypen zugeteilt. Bewertungsgrundlage für diese Schülertypen war der Fragebogen von Lohrmann (2008) welcher die Langeweile in bestimmten Unterrichtssituationen erfasst. Diente der Fragebogen zum einen dazu die Langeweile im regulärem Natur- und Technik-Unterricht messbar zu machen, wurde er zum anderen dazu hergenommen, das Interesse und Druckempfinden der Schülertypen bezüglich des Stationenlernens zu überprüfen. Dieser Fragebogen wurde im Natur- und Technik- Unterricht erstmalig eingesetzt.

Hauptziel der vorliegenden Dissertationsarbeit war es, eine Unterrichtseinheit für den Natur- und Technik-Unterricht zu entwickeln und zu evaluieren, die sich aus einer Kombination von schülerzentrierten Unterrichtsformen zusammensetzt, welche auf die Förderung unterschiedlicher kognitiver Variablen und der Motivation der Schüler abzielen. Im Folgenden werden die Fragestellungen und Ziele der Teilarbeiten der Gesamtstudie vorgestellt.

Ziele und Fragestellungen von Teilarbeit A

Das erste Ziel von Teilarbeit A war, den Einfluss des neu entwickelten Stationenlernens zum Thema „Wasser –Grundlage des Lebens“ auf den Lernerfolg der Schüler zu testen **(i)**. Des Weiteren wurde überprüft, wie intensiv sich die Schüler für diese neue Unterrichtsform begeistern können, welches Kompetenzerleben das Lernen an Stationen mit sich bringt, wie hoch die Schüler ihre Wahlfreiheit einschätzen und welchen Druck sie empfinden **(ii)**. Concept Mapping, das als Wissenssicherungsphase nach dem Stationenlernen erstmalig in den teilnehmenden Klassen eingesetzt wurde, sollte ebenfalls auf seinen Effekt auf den kurz- und langfristigen Wissenserwerb der Schüler hin überprüft werden **(iii)**.

Um einen Vergleich zu konventionellen Unterricht treffen zu können, wurde zusätzlich zum Stationenlernen eine lehrerzentrierte Variante zur gleichen Thematik entwickelt. Dabei wurde große Sorgfalt darauf verwendet, dass der Unterrichtsstoff in beiden Untersuchungsgruppen genauestens übereinstimmte. Da in der Praxis meist nur sehr wenig Zeit auf die Nachbereitung von offenen Unterrichtsformen Wert gelegt wird (Kammermeyer, 1999), wurde nach beiden Unterrichtstypen eine Wissenssicherungsphase eingebaut. Hier sollte den Schülern die Möglichkeit gegeben werden ihr neu erworbenes Wissen zu rekapitulieren und schriftlich festzuhalten. Auch hier kam eine schülerzentrierte Variante der Wissenssicherung durch das Concept Mapping zum Einsatz, da es gerade jüngeren Schülern die Darstellung von Zusammenhängen zwischen neu erworbenen Wissensfragmenten erleichtert und ihnen die Möglichkeit bietet, ihr konzeptionelles Verständnis auf einem kreativen Weg festzuhalten (Stice & Alvarez, 1987). Dem Einsatz von Concept Mapping im Klassenzimmer ging in der Praxis und Forschung bislang eine mehrere Tage andauernde Erprobungsphase voraus, während der die Schüler mit der Handhabung der Methode vertraut gemacht wurden (Novak, 1990; Okebukola, 1992). Jedoch konnten Slotte und Lonka (1999) zeigen, dass sich bereits „spontanes“ Concept Mapping positiv auf das Textverständnis auswirken kann. In der vorliegenden Studie wurde auf diese langwierige Einführungsphase verzichtet, um den Praxisbezug der Studie zu gewährleisten. Eine dritte Untersuchungsgruppe, die nur am Stationenlernen teilnahm, jedoch keine Concept Mapping Phase durchlief, sollte den unvermischten Einfluss des Concept Mappings auf den Lernerfolg der Schüler testen.

Neben den kognitiven Auswirkungen, wie dem kurzfristigen und langfristigen Lernerfolg, dem Behaltens- und Vergessensmaß, interessierte in allen Testgruppen die motivationale Ebene. Deshalb wurde anhand des etablierten „Intrinsic Motivation Inventory“ von Deci und

Ryan (1985, 1991) das Interesse und Druckempfinden der Schüler untersucht sowie deren wahrgenommene Wahlfreiheit und Kompetenz, die sie bezüglich des konventionellen Unterrichts bzw. des Lernen an Stationen empfanden. Lernen an Stationen als offene Unterrichtsform soll gerade die wahrgenommene Wahlfreiheit und das Kompetenzerleben der Schüler durch die Möglichkeit des eigenhändigen Ausführens von Versuchen der Schüler im Vergleich zum lehrerzentrierten Unterricht erhöhen, was wiederum zu einem höheren Lernerfolg der Schüler beitragen kann (Black & Deci, 2000).

Die Hypothesen der ersten Teilstudie lauteten deshalb wie folgt:

Lernen an Stationen trägt zu einem höheren Lernerfolg und einer höheren Motivation der Schüler bei als der lehrerzentrierte Unterricht. Concept Mapping erhöht bereits beim erstmaligen Einsatz den Lernerfolg der Schüler.

Ziele und Fragestellungen von Teilarbeit B

Teilarbeit B konzentrierte sich auf die Analyse der „spontan“ erstellten Concept Maps. Hier kam die Methode von Kinchin et al. (2000) zum Einsatz, die nach ausgiebiger Literaturrecherche am praxistauglichsten erschien.

Die Analyse der Concept Map Strukturen auf geschlechtsspezifische Unterschiede (i) hin zu untersuchen bildete einen Schwerpunkt der zweiten Studie, da diesbezüglich in der Literatur widersprüchliche Untersuchungsergebnisse vorliegen. Besonders jüngere, männliche Schüler scheinen wie Jegede et al. (1990) berichten, größeren Nutzen aus dem Concept Mapping zu ziehen als ihre Klassenkameradinnen. Vergleicht man jedoch den Komplexitätsgrad von Concept Maps auf geschlechtsspezifische Unterschiede in einer höheren Altersgruppe, so konnte gezeigt werden, dass Studentinnen weitaus komplexere Concept Maps erstellten als ihre männlichen Kommilitonen (Pearsall et al., 1997; Martin et al., 2000).

Ein weiterer Aspekt der zweiten Teilstudie bildete die Überlegung, ob Schüler, die am lehrerzentrierten Unterricht teilnahmen, Concept Maps erstellten, die in der Struktur von den Concept Maps abwichen, die nach dem Stationenlernen angefertigt wurden (ii). Studien zeigen, dass schülerzentrierte Unterrichtsformen die Vernetzung von Lerninhalten durch die aktive Konstruktion von Wissen begünstigen (Duit, 1995) und nicht wie konventioneller Unterricht bloß der Vermehrung von trägem Wissen dienen (Gräsel, 2000).

Weiterhin interessierte die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Qualität, sprich dem Komplexitätsgrad einer Concept Map, und dem langfristigen Lernerfolg der Schüler besteht

(iii). So konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass komplexere Maps dazu beitragen, einen neuen Sachverhalt besser zu verstehen als jene von geringerer Komplexität (Mahler et al., 1991).

In der zweiten Teilstudie wurden demnach folgende Hypothesen aufgestellt:

Fünftklässlerinnen übertreffen ihre männlichen Klassenkameraden in der Qualität ihrer erstellten Concept Maps. Schüler, die am Lernen an Stationen teilnehmen produzieren komplexere Concept Maps als Schüler des lehrerzentrierten Unterrichts. Schüler, die komplexe Concept Maps anfertigen zeigen einen höheren längerfristigen Lernerfolg als die Schüler, die weniger komplexe Maps erstellen.

Ziele und Fragestellungen von Teilarbeit C

In der dritten Teilstudie lag das Hauptaugenmerk auf der Analyse des eingesetzten Langeweilefragebogens und der damit verbundenen Clusteranalyse zur Einordnung von Schülertypen gemäß ihrer empfundenen situationsspezifischen Langeweile im Natur- und Technik-Unterricht. Der in der vorliegenden Studie angewandte Fragebogen zum Langeweileempfinden wurde von Lohrmann (2008) entwickelt und in der Grundschule im Deutsch- und Mathematikunterricht bereits erfolgreich angewandt.

Ob der Fragebogen auch zur Messung der Langeweile im Natur- und Technik-Unterricht verwendet werden kann wurde in der dritten Teilstudie getestet (i).

Des Weiteren sollte der Einsatz des Fragebogens dazu dienen, verschiedene Schülertypen zu identifizieren (ii). Daher wurden mehrere Clusteranalysen durchgeführt, um Schüler anhand ihrer empfundenen Langeweile in unterschiedlichen Unterrichtssituationen einzuteilen. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, welches Interesse unterschiedlich gelangweilte Schüler (oder nur Schülertypen) an einer veränderte Unterrichtsform finden (iii). Der neu konzipierte Natur- und Technik-Unterricht an bayerischen Gymnasien wurde seit seiner Etablierung im Jahre 2000 bislang nicht auf Variablen wie Langeweile getestet. Laut Lehrplan sollten durch die Einführung des neuen Faches und der speziell damit verbundenen Aufspaltung in „Biologie“ und „naturwissenschaftliches Arbeiten“ eher schülerzentrierte Unterrichtsformen und Experimentierphasen im Unterricht eingebaut (www.g8-in-bayern.de), das Interesse der Schüler gesteigert und somit einer möglichen Langeweile entgegengewirkt werden. Doch wie sieht es elf Jahre nach Einführung dieses neuen Faches in bayerischen Schulen tatsächlich aus? Ein wichtiger Baustein in der Evaluierung des

Langeweileempfindens der Schüler spielte der neu entwickelte Fragebogen von Lohrmann (2008). Bis zu diesem Zeitpunkt wurde Langeweile in der Schule oft mit qualitativen Methoden, sprich in Interviews, erfasst oder fand nur in einer einzelnen Frage als Teilaspekt einer fragebogengestützten Untersuchung Beachtung (Gläser-Zikuda & Mayring, 2003; Kanvesky & Keighley, 2003; Feldhusen & Kroll, 1991; Shaw et al., 1996). Eine einzelne Frage ist für eine quantitative Auswertung in Bezug auf Reliabilität und Validität jedoch unzureichend (Vodanovich et al., 2005).

In der vorliegenden Studie hingegen kamen drei Skalen des Langweilefragebogens zum Einsatz, die nach der Überforderung, der Unterforderung und der ungenutzten Lernzeit der Schüler in verschiedenen Unterrichtssituationen fragten. So ist es möglich, dass sich ein Schüler in einer bestimmten Unterrichtssituation, wie der Einführung in ein neues Themengebiet, überfordert fühlt, wohingegen er in einer anderen Situation, z. B. bei der Besprechung der Hausaufgaben, unterfordert ist. Sowohl Hill und Perkins (1985) als auch Robinson (1975) stimmen darin überein, dass Langeweile durch die Interaktion einer Person mit einer spezifischen Situation entsteht, welche subjektiv von dieser Person bewertet wird (Ulich & Mayring, 1992). Hier besteht Forschungsbedarf, was die Erfassung der unterrichtsspezifischen Langeweile betrifft, da Schülertypen verschiedene Unterrichtssituationen unterschiedlich wahrnehmen können. Daher wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, die dazu beitrug, die Schüler anhand ihrer unterschiedlich empfundenen Lernemotionen in verschiedene Typen zu klassifizieren. Hierbei kamen zwei unterschiedliche Clustermethoden zum Einsatz, die zum einen über die Anzahl der Cluster (Ward Methode) und über die Zugehörigkeit der Schüler zu den verschiedenen Clustertypen Aufschluss gaben (K-Means Methode).

Wie es überhaupt dazu kommt, dass Langeweile im Unterricht entsteht zeigten Kanevsky und Keighley (2003). Sie identifizierten fünf unabhängige „Lernerfahrungen“, welche das Zustandekommen von Langeweile beeinflussen: Kontrolle, Wahlfreiheit, Herausforderung, Komplexität und „engagierte“ Lehrer. Schülerzentrierte Unterrichtsformen, wie Lernen an Stationen, denen am Abbau von Kontrolle und der Förderung von Wahlfreiheit gelegen ist, sollten demnach dazu beitragen, Langeweile im Unterricht zu vermindern. Der Einbau von Schülerexperimenten in einen Lernzirkel sollte zusätzlich eine Herausforderung für die Schüler darstellen. Deshalb befasste sich die dritte Studie neben der Klassifizierung der Schülertypen ebenfalls mit der Frage, ob Schüler, die im konventionellen Unterricht besonders gelangweilt sind, verstärktes Interesse an einer veränderten, eher schülerzentrierten Unterrichtsform, wie dem Stationenlernen zeigen.

Die Hypothesen in Teilstudie C lauteten daher wie folgt:

Der bereits im Deutsch- und Mathematikunterricht der Grundschule angewandte Fragebogen zum Langweileempfinden in spezifischen Unterrichtssituationen von Lohrmann (2008) kann ebenfalls auf den Natur- und Technik-Unterricht übertragen werden. Anhand dieses Fragebogens lassen sich unterschiedliche Schülertypen festmachen, die nach ihrem Langweilempfinden zu klassifizieren sind. Schüler, die verschiedene Unterrichtssituationen des regulären Natur- und Technik-Unterrichts als besonders langweilig empfinden, zeichnen sich durch ein höheres Interesse an der Einführung einer neuen, schülerzentrierten Unterrichtsform aus als die Schüler, die bereits mit dem regulären Unterricht zufrieden sind.

Im Folgenden wird auf das Untersuchungsdesign und die Datenerhebung der Arbeit eingegangen, die zur Überprüfung der einzelnen Hypothesen erforderlich war.

3.2 Untersuchungsdesign und Datenerhebung

Insgesamt nahmen 397 Schüler (16 Klassen) aus sieben Gymnasien an der Studie teil⁵. Das Einzugsgebiet der Studie umfasste Gymnasien aus Unter- und Oberfranken sowie der Oberpfalz. Die Zuordnung der einzelnen Klassen in die einzelnen Untersuchungsgruppen erfolgte per Losverfahren. Lediglich die Anzahl der Klassen pro Gruppe wurde vorher festgelegt. Das Untersuchungsdesign bestand insgesamt aus vier Gruppen, Tabelle 1. Gruppe 1 ($n = 94$) nahm an einem 90minütigen, lehrerzentrierten Unterricht teil, der von einer 45minütigen Concept Mapping Phase zur Wissenssicherung begleitet wurde. Dem lehrerzentrierten Unterricht wurde ein 90minütiges Lernen an Stationen ($n = 78$) entgegengesetzt (Gruppe 2). Auch diese Gruppe absolvierte anschließend an den schülerzentrierten Unterricht eine 45minütige Concept Mapping Phase. Somit konnte getestet werden, welchen Einfluss das neu eingeführte Stationenlernen auf den Lernerfolg und die Motivation der Schüler mit sich brachte. Um den Einfluss der erstmalig eingesetzten Concept Mapping Phase auf den Lernerfolg hin zu überprüfen wurde eine dritte Gruppe ($n = 170$) eingesetzt. Gruppe 3 nahm nur am Lernen an Stationen teil, ohne ein anschließendes Concept Mapping zu durchlaufen. Eine zusätzliche Kontrollgruppe ($n = 55$) absolvierte keine der drei beschriebenen Unterrichtskombinationen zum Thema Wasser. Sie diente lediglich dazu,

⁵ Allerdings variierte die Stichprobengröße aufgrund unvollständiger Datensätze, bzw. der Abwesenheit von Schülern während der Datenaufnahme innerhalb der einzelnen Teilarbeiten.

festzustellen, ob Schüler während des siebenwöchigen Interventionszeitraumes einen Wissenszuwachs zu diesen Themenkomplex verzeichneten und um eventuelle Testeffekte auszuschließen.

Tabelle 1 Quasi-experimentelles Untersuchungsdesign der Intervention und Übersicht über den Einsatz der verwendeten Tests.

Zeitverlauf	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Kontrollgruppe
1 Woche vor dem Unterricht	Vortest (Wissenstest)			
Unterricht (90 min + 45 min)	Lehrerzentrierter Unterricht Concept Mapping	Lernen an Stationen Concept Mapping	Lernen an Stationen -	-
direkt im Anschluss an den Unterricht	Nachtest (Wissen, Intrinsische Motivation, Langeweile)			Nachtest (Wissen)
6 Wochen nach dem Unterricht	Behaltenstest (Wissen)			

Der lehrerzentrierte Unterricht (Gruppe 1) zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“ war problemorientiert aufgebaut. Alle sechs Themengebiete basierten auf einer aus dem Alltag der Schüler gegriffenen problemorientierten Fragestellung, z. B: „Wie kommt das Wasser in unsere Häuser?“. Die Schüler wurden aufgefordert Hypothesen zu formulieren. Im Demonstrationsexperiment, das von der Lehrperson durchgeführt wurde, sollte der vorher aufgestellten Frage auf den Grund gegangen werden. Zur Ergebnissicherung wurde ein eigens dafür angefertigtes Arbeitsheft ausgeteilt. Nachdem die Ergebnisse von der Lehrkraft kurz zusammengefasst wurden waren die Kinder aufgefordert, die Aufgaben im Arbeitsheft zu lösen und somit die Ergebnisse zu sichern.

Wie auch der lehrerzentrierte Unterricht waren die Lernstationen problemorientiert aufgebaut und basierten auf den exakt gleichen sechs Themengebieten zum Thema „Wasser –

Grundlage des Lebens“. Somit war es möglich, Gruppe 1 und Gruppe 2 bezüglich ihres Lernerfolges und ihrer Motivation miteinander zu vergleichen. Im Gegensatz zum lehrerzentrierten Unterricht führten die Schüler die Experimente selbständig in 2er- oder 3er-Teams durch. Der Ergebnissicherung dienten dieselben in einem Arbeitsheft zusammengefassten Aufgaben, die auch im lehrerzentrierten Unterricht eingesetzt wurden (s.o.). Die Effektivität dieser Form der Ergebnissicherung wurde bereits in anderen Studien bekräftigt (Sturm & Bogner, 2008). Auch die Ergebniskontrolle oblag den Schülern. Hierzu lag ein Lösungsheft am Lehrerpult aus. Die Schüler waren aufgefordert mit diesem zu arbeiten und ihre Ergebnisse mit den darin aufgeführten Lösungen zu vergleichen. Im Arbeitsheft durften die Schüler die einzelnen Experimente und Stationen benoten, nachdem sie die vollständig bearbeiteten Stationen auf dem so genannten „Laufzettel“ abgehakt hatten, der ebenfalls im Arbeitsheft abgedruckt war. Ihre Partner und die Reihenfolge, in der die Stationen durchlaufen wurden, waren von den Schülern frei wählbar. Zusätzlich zu den sechs „Pflichtstationen“ waren drei „Zusatzstationen“ angeboten, die es schnell arbeitenden Schülern erlaubten, weitere Experimente durchzuführen. Somit entstand keine ungenutzte Lernzeit für diese Schüler. Die einzelnen Stationen waren mehrmals verfügbar, um ein reibungsloses Rotieren der Gruppen zu gewährleisten und Wartezeiten zu vermeiden.

Die 45minütige Wissenssicherung begann mit einer 10minütigen Einführung in die Concept Mapping Methode. Hierbei wurden den Schülern anhand einiger Beispiele die wichtigsten Merkmale des Concept Mapping vorgestellt. Das selbstständige Arbeiten in der Concept Mapping Phase erfolgte wie auch während des Stationenlernens in 2er- oder 3er- Gruppen. Es entstanden so genannte „Network Concept Maps“ (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996), in denen auf die Ausbildung unterschiedlichen Hierarchieebenen innerhalb der Concept Maps verzichtet wird. Die einzelnen Begriffe waren vorgegeben, die Verknüpfungen mussten selbständig erarbeitet werden.

Zur Erfassung des Lernerfolges, der Motivation und Langweile wurden unterschiedliche Fragebögen eingesetzt. Der Wissenstest wurde im Rahmen der Arbeit selbst entwickelt. Der Inhalt des Wissenstests basierte auf den einzelnen Lernzielen, die zum lehrerzentrierten Unterricht bzw. zu den sechs Pflichtstationen festgelegt wurden. Ein Expertengremium, das sich aus Biologielehrern und –didaktikern zusammensetzte, beratschlagte über die Auswahl der einzelnen Items des Wissenstests. In einer anschließenden Vorstudie wurden die Items zusätzlich auf ihre Einsetzbarkeit hin überprüft und endgültig festgelegt. Es handelte sich hierbei um geschlossene Fragen mit jeweils einer richtigen Antwort pro Item und eiern bis drei falschen Antwortmöglichkeiten. Die Reihenfolge der Items und der

Antwortmöglichkeiten innerhalb eines Items des Wissenstests variierte zu jedem Messzeitpunkt.

Bei den Fragebögen zur Motivation und zum Langeweileempfinden handelte es sich um bereits etablierte Tests aus den Bereichen der Schulpsychologie und –pädagogik, Tabelle 2.

Tabelle 2 Übersicht über die verwendeten Fragebögen

Verwendete Fragebögen	Eingesetzte Skalen	Anzahl der Items	Verfasser
Wissenstest		12	selbst konzipiert
Intrinsic Motivation Inventory	Interesse	7	Deci und Ryan (1985)
	Wahrgenommene Wahlfreiheit	7	
	Wahrgenommene Kompetenz	6	
	Druck	5	
Langeweile-Fragebogen	Unterforderung	8	Lohrmann (2008)
	Überforderung	4	
	Ungenutzte Lernzeit	4	

Zur Messung der intrinsischen Motivation wurden vier Subskalen des standardisierten „Intrinsic Motivation Inventory“ (IMI) verwendet (Interesse, Empfundene Kompetenz, Empfundene Wahlfreiheit, Druck; Deci & Ryan, 1985). Die Skalen des IMI basieren auf einer 5-stufigen Likert-Skala von „trifft völlig zu“ bis „trifft überhaupt nicht zu“. Das Langeweileempfinden der Schüler in bestimmten Unterrichtssituationen wurde mit Hilfe dreier Skalen des von Lohrmann (2008) entwickelten Fragebogens getestet. Die Skalen des Langeweile-Fragebogens beinhalteten vier Stufen von „stimmt genau“ bis „stimmt gar nicht“.

Die Datenanalyse erfolgte mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS (Version 11.0, SPSS Inc.). Das Programm Sigma Plot (Version 10.0, SPSS Inc.) diente zur grafischen Darstellung der ermittelten Daten. Alle Datensätze wurden auf Normalverteilung getestet (Shapiro-Wilk-Test). Bei normalverteilten Daten wurden für die weiteren Analysen parametrische

Teststatistiken verwendet (ANOVA, MANOVA), andernfalls wurden nicht parametrische Testverfahren ausgeführt. In der dritten Teilstudie wurde zur Ermittlung unterschiedlicher Schülertypen aufgrund ihres situationsbedingten Langeweileempfindens eine Clusteranalyse sowohl nach der Ward-, als auch nach der K-means-Methode durchgeführt (Anderberg, 1973; Norusis, 1993; Ward, 1963).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der drei Teilstudien hinsichtlich ihrer jeweiligen Ziele vorgestellt und diskutiert.

3.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der drei Teilstudien tragen dazu bei, den erstmaligen Einsatz der Kombination zweier schülerzentrierter Unterrichtsformen, bestehend aus Lernen an Stationen und Concept Mapping, in Hinblick auf den Lernerfolg der Schüler und deren Motivation zu testen. Um dies zu überprüfen wurde in der ersten Teilstudie die offene Unterrichtsform „Lernen an Stationen“ einem lehrerzentrierten Unterricht gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass, entgegen der aufgestellten Hypothese, Lernen an Stationen keinen höheren langfristigen Lernerfolg bzw. keine höhere Motivation der Schüler als der lehrerzentrierte Unterricht mit sich bringt. Dies könnte daraus resultieren, dass die Schüler im schülerzentrierten Unterricht mit dem Lesen der Versuchsanleitungen und dem eigentlichen Experimentieren zu beschäftigt waren und somit zu wenig Zeit auf die Deutung der Ergebnisse verwendeten. Schüler des lehrerzentrierten Unterrichts mussten lediglich ihre Ergebnisse im Arbeitsheft festhalten, nachdem das jeweilige Experiment von der Lehrperson demonstriert, das Ergebnis präsentiert und gedeutet worden waren. Jedoch war das Vergessensmaß der Schüler des Stationenlernens deutlich geringer als der Schüler, die am lehrerzentrierten Unterricht teilnahmen: Wurde noch ein höherer kurzfristiger Lernerfolg nach lehrerzentriertem Unterricht gemessen, so befanden sich die Schüler beider Unterrichtsformen nach sechs Wochen auf dem gleichen Wissensniveau. Langfristig gesehen machte es also keinen Unterschied für den Lernerfolg der Schüler, welcher Unterrichtsform sie beiwohnten. Dieses Ergebnis widerspricht vielen Studien, die kooperativen und eher offeneren Lernformen einen höheren Wissenszuwachs und höhere intrinsische Motivation der Schüler attestieren (Lord, 2001; Randler & Hulde, 2007; Black & Deci, 2000). Dass jedoch offene Unterrichtsformen nicht generell einen höheren Lernerfolg versprechen konnte bereits in einer Studie von Schaal und Bogner (2005) und

Sturm und Bogner (2008) gezeigt werden, die sich beide mit Lernen an Stationen beschäftigten. Wirkte sich der lehrerzentrierte Unterricht in der ersten Studie sogar positiver auf den langfristigen Wissenserwerb der Schüler aus, so konnte in der letzten Studie durch eine Einführungsstunde, die dem schülerzentrierten Unterricht vorausging ein gleich hoher Wissenszuwachs der Schüler aus beiden Unterrichtsformen verbucht werden. In dem von Sturm und Bogner (2008) eingeführten Vorunterricht zum Stationenlernen wurden die Schüler nicht nur inhaltlich auf die darauf folgenden Lernstationen vorbereitet, sondern erhielten auch eine methodische Einführung in das Stationenlernen. Sturm und Bogner (2008) konnten sogar nachweisen, dass gerade die methodische Einführungsphase dafür verantwortlich war, dass das Lernen an Stationen einen eben so hohen langfristigen Lernerfolg erzielte wie der lehrerzentrierte Unterricht. Dies berücksichtigend wurde in der vorliegenden Studie ebenso eine modifizierte methodische Einführungsphase dem Stationenlernen vorausgeschickt und zusätzlich eine Wissenssicherungsphase angehängt. Concept Mapping, das ebenso wie das Lernen an Stationen in der zu testenden Schülerschaft zum ersten Mal eingesetzt wurde, verzeichnete einen positiven Einfluss auf den Wissenszuwachs der Schüler. Jedoch hielt dieser Wissensvorsprung nicht lange an. Nach sechs Wochen lagen die Schüler, die am Concept Mapping teilgenommen hatten, auf dem gleichen Wissensniveau wie die Schüler, die keine Concept Mapping Phase durchlaufen hatten. Dieses Ergebnis widerspricht der Studie von Slotte und Lonka (1999), die dem spontanen Concept Mapping generell einen positiven Einfluss auf die Lernleistung der Schüler zusprechen. Ein Grund für diese widersprüchlichen Ergebnisse könnte der Altersunterschied der getesteten Personen sein. Die in der vorliegenden Studie getesteten Schüler waren deutlich jünger und hätten vermutlich mehr Zeit gebraucht, um sich mit der neuen Methode vertraut zu machen. Eine längere Übungsphase des Concept Mapping betreffend wäre wahrscheinlich der eigentlich angestrebten Verknüpfung des neu erworbenen Wissens der Schüler zuträglich gewesen. Entgegen dem gegenwärtigen Forschungsstand konnte kein höheres Interesse, Kompetenzerleben und wahrgenommene Wahlfreiheit der Schüler am schülerzentrierten Unterricht im Vergleich zum lehrerzentrierten Unterricht nachgewiesen werden (Black & Deci, 2000; Sturm & Bogner, 2008). Für die Schüler beider Unterrichtsformen machte es anscheinend keinen Unterschied, ob sie die Experimente selbst durchführen durften oder sie vom Lehrer demonstriert bekamen. Auch im Druckempfinden war kein Unterschied zwischen den beiden Unterrichtsformen erkennbar. Letzteres Ergebnis ist besonders positiv zu bewerten, da die Schüler mit der neu eingeführten Unterrichtsmethode anscheinend gut zurechtkamen und keinen höheren Druck empfanden, obwohl sie neue,

zusätzliche Aufgabenbereiche zu bewältigen hatten, wie beispielsweise das Lesen der Versuchsanleitungen und das eigenständige Experimentieren.

In der zweiten Studie wurden die nach beiden Unterrichtsformen angefertigten Concept Maps auf ihre Qualität hin untersucht und getestet, ob die Qualität der Concept Maps auf den langfristigen Lernerfolg der Schüler schließen lässt. Außerdem wurde der Frage nachgegangen, ob geschlechtsspezifische Unterschiede im Komplexitätsgrad der Concept Maps zu finden sind. Des Weiteren beschäftigte sich Teilarbeit B mit der Frage, ob die vorausgehende Unterrichtsform Einfluss auf die Qualität der Maps hat. Das von Kinchin et al. (2000) etablierte Verfahren zur qualitativen Auswertung von Concept Maps brachte folgende Ergebnisse: Die von Mädchen erstellten Concept Maps zeichneten sich durch eine höhere Anzahl von Netzstrukturen aus als die Concept Maps der Jungen. Da Netzstrukturen als Indikatoren für verstehendes Lernen angesehen werden (Kinchin et al., 2000) kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse geschlossen werden, dass Mädchen in der getesteten Altersgruppe komplexere Concept Maps erstellen als ihre männlichen Klassenkameraden. Diese Ergebnisse stimmen mit der Studie von Pearsall et al. (1997) überein, die trotz einer unterschiedlichen Analyseverfahren zum selben Ergebnis kamen. In deren Studie erstellten auch die weiblichen Studenten komplexere Concept Maps als ihre männlichen Kommilitonen. Die Interaktion der beiden Testvariablen „Geschlecht“ und „Anzahl der Netzstrukturen pro Concept Map“ resultierte zusätzlich in einem positiven Effekt auf den langfristigen Lernerfolg.

Entgegen der aufgestellten Hypothese waren die Concept Maps der Schüler des schülerzentrierten Unterrichts nicht qualitativ hochwertiger als die, welche im lehrerzentrierten Unterricht erstellt wurden. Desto mehr überraschte das Ergebnis, dass gerade nach dem lehrerzentrierten Unterricht komplexere Concept Maps produziert wurden. Allerdings erbrachte die Interaktion der beiden Variablen „Unterrichtsmethode“ und „Anzahl der Netzstrukturen pro Concept Map“ keinen Effekt auf den langfristigen Wissenserwerb der Schüler. Dieses Ergebnis ist konträr zur Studie von Christianson und Fisher (1999), die besagt, dass Schüler, die an schülerzentrierten Unterrichtsformen teilnehmen, ein tieferes Verständnis über das behandelte Themengebiet erhalten. Die Anzahl der Netzstrukturen, die innerhalb einer Concept Map erstellt wurden, zeigten zwar einen positiven Effekt auf den langfristigen Lernerfolg der Schüler, die Ergebnisse zeigten jedoch auch, dass nicht unbedingt die Schüler, die die meisten Netze pro Concept Map erstellten, auch automatisch den größten langfristigen Lernerfolg aufwiesen. Es kann also von dem Komplexitätsgrad einer Concept Map auf den langfristigen Lernerfolg der Schüler geschlossen werden, was für die Qualität der verwendeten Analyseverfahren spricht. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen der

Komplexität der Concept Maps und dem Lernerfolg nicht durchgehend proportional: Offenbar scheint die Ausbildung überdurchschnittlich vieler Netzstrukturen in einem verhältnismäßig schlechteren Lernerfolg zu resultieren, also eine Vernachlässigung des eigentlichen Inhaltes zu bewirken. Zusammenfassend ist zu sagen, dass es sich beim Analyseverfahren von Kinchin et al. (2000) um ein recht unterrichtstaugliches und schnelles Verfahren handelt, um den langfristigen Lernerfolg der Schüler anhand der Concept Maps zu messen. Hierbei sollte jedoch auch, neben der strukturellen Qualität der Concept Maps, auf deren Inhalt geachtet werden.

Teilstudie C, die sich u. a. auf die Klassifizierung von Schülertypen aufgrund ihrer unterrichtsbedingten Langeweile konzentrierte, gab außerdem Aufschluss darüber, wie das erstmalig eingesetzte Lernen an Stationen von unterschiedlichen Schülertypen aufgenommen wurde. Die verwendeten Clusteranalysen erbrachten vier unterschiedliche Schülertypen: Auf der einen Seite die „optimal geforderten“ Schüler und „mäßig geforderten“ Schüler, auf der anderen Seite Schülertypen, die während des regulären Natur- und Technik-Unterrichts regelrecht „abschalten“ oder als „gelangweilt“ klassifiziert werden können. Die ersten beiden Schülertypen machten 77 % der Schüler aus. Einen nicht zu vernachlässigenden Anteil mit 23 % stellten die „gelangweilten“ Schüler und die, die während des Unterrichts „abschalten“. Gerade Letztere zeichnen sich durch hohe Überforderungswerte aus, die dazu führen, dass die Schüler dem regulären Unterricht nicht mehr folgen können, und somit gleichzeitig unterfordert sind, da sie viel ungenutzte Lernzeit zur Verfügung haben. Unsere Hypothese, dass sich gerade diese Schülergruppe durch eine veränderte, schülerzentrierte Unterrichtsform besonders angesprochen fühlen sollte, konnte nicht bestätigt werden. Im Vergleich zu der Gruppe der „optimal geforderten“ Schüler wiesen sie ein signifikant niedrigeres Interesse an der neuen Unterrichtsform auf. Das gleiche gilt für die Gruppe der „Gelangweilten“. Lernen an Stationen führte in der Schülergruppe, die während des konventionellen Natur- und Technik-Unterricht „abschaltet“ unerwartet zu einem signifikant höheren Druckempfinden im Vergleich zur Gruppe der „optimal geforderten“ Schüler. Das höhere Druckempfinden in dieser Schülergruppe könnte durch die „Cognitive Load“ Theorie erklärt werden (Sweller et al., 1998). Cognitive Load (frei übersetzt: kognitive Belastung) kann besonders in solchen Situationen auftreten, in denen Schüler mit unterschiedlichen Aufgaben konfrontiert werden, die ihnen fremd sind (Scharfenberg et al., 2007). Im Falle des Stationenlernens wäre das u. a. das selbständige Experimentieren oder die eigenverantwortliche Kontrolle der gefundenen Ergebnisse. Laut dieser Theorie wäre die kognitive Belastung der Schüler während des

Stationenlernens deutlich erhöht gewesen, was zu einem hohen Druckempfinden gerade unter den Schülern führen sollte, die bereits während des regulären Unterrichts „abschalten“. Für diese Schülergruppe würde sich ein etwas verkürzter Stationenparcours empfehlen, damit auf die Erarbeitung der einzelnen Stationen mehr Zeit verwendet werden kann. Ebenso sollte ein regelmäßig in den Unterricht eingesetztes Stationenlernen diesen Schülern helfen, sich besser mit der Unterrichtsmethode auseinanderzusetzen und den Anforderungen gerecht zu werden. Dies könnte zu unterschiedlichen Untersuchungsergebnissen bezüglich des Interesses und des Druckempfindens führen.

Was bedeuten nun die hier präsentierten Ergebnisse für den Natur- und Technik-Unterricht? Teilstudie A zeigte deutlich, dass die Kombination von Lernen an Stationen und Concept Mapping ohne Bedenken und den Einbau langer Einführungsphasen im Natur- und Technik-Unterricht eingesetzt werden können. Zwar erbrachte das Stationenlernen im Vergleich zum lehrerzentrierten Unterricht keinen höheren Lernerfolg, positiv zu bewerten ist jedoch, dass die Schüler, die am Lernen an Stationen teilnahmen weniger vom neu erworbenen Wissen vergaßen, als die Schüler, die lehrerzentriert unterrichtet wurden. Auf längere Sicht gesehen steht das Stationenlernen dem lehrerzentrierten Unterricht in nichts nach und kann deshalb in Verbindung mit einer Wissenssicherungsphase ohne Bedenken eingesetzt werden, ist demnach weit mehr als reiner „Spaßunterricht“. Die hohen Interessewerte sowohl im lehrerzentrierten als auch schülerzentrierten Unterricht zeigen, dass bei der Bearbeitung des Themengebietes Wasser unbedingt darauf geachtet werden sollte, Experimentierphasen einzubauen, seien es Schüler- oder Demonstrationsexperimente.

Die zweite Teilstudie ergab, dass Concept Maps anhand des von Kinchin et al., (2000) entwickelten Analyseverfahren äußerst zeitsparend ausgewertet werden können, was generell den spontanen Einsatz von Concept Maps im Unterricht begünstigen sollte. Weiterhin lassen sich vom Komplexitätsgrad der Concept Maps Rückschlüsse auf den langfristigen Lernerfolg der Schüler ziehen. Ein zweiter Blick von Seiten des Lehrers auf die inhaltliche Korrektheit der Concept Maps ist jedoch ratsam.

Natürlich stellen Stationenlernen und Concept Mapping kein Allheilmittel zur Verbesserung des Natur- und Technik-Unterrichts dar, sondern sollten vielmehr alternierend mit anderen Unterrichtsmethoden, seien es lehrer- oder schülerzentrierte, eingesetzt werden (Killermann et al., 2005). Die Studie zeigt, dass nicht alle Schüler gleich stark von einer bestimmten Unterrichtsform begeistert sind, was sich wiederum auf die Lernerfolge der Schüler auswirken kann (Black & Deci, 2000). Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten der Lehrerschaft

Mut geben, neue Wege zu gehen und ab und an schülerzentrierte Unterrichtsformen in ihrem Unterricht einzusetzen.

Mut geben, neue Wege zu gehen und ab und an schülerzentrierte Unterrichtsformen in ihrem Unterricht einzusetzen.

4 Literaturverzeichnis der Zusammenfassung

- Anderberg, M. R. (1973).** *Cluster analysis for applications*. New York: Academic Press.
- Ausubel, D. P. (1963).** *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968).** *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Barenholz, H. & Tamir, P. (1992).** A comprehensive use of concept mapping in design instruction and assessment. *Research in Science & Technological Education*, 10, 37-52.
- Beuren, A. & Dahm, M. (2000).** Lernen an Stationen. *Unterricht Biologie*, 259, 4-9.
- Black, A. E. & Deci, E. L. (2000).** The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: a self-determination theory perspective. *Science Education*, 84, 740-756.
- Bohl, T. (2001).** Wie verbreitet sind offene Unterrichtsmethoden? *Pädagogische Rundschau*, 55, 271-287.
- Christianson, R. G. & Fisher, K. M. (1999).** Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21, 687-698.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985).** *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1991).** A motivational approach to self: integration in personality. In: Dienstbier, R. (Hrsg.): *Nebraska symposium on motivation : Vol. 38. Perspectives on motivation* (237-288). Lincoln : University of Nebraska Press.
- Duit, R. (1995).** Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Feldhusen, J. F. & Kroll, M. D. (1991).** Boredom or challenge for the academically talented in school. *Gifted Education International*, 7, 80-81.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995).** Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 867-888.

- Gläser-Zikuda, M. & Mayring, P. (2003).** A qualitative oriented approach to learning emotions at school. In: Mayring M. & von Rhoebeck C. (Hrsg.). *Learning emotions. The influence of affective factors on classroom learning*. Frankfurt am Main: Lang.
- Gräsel, C. (2000).** Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen. In: Bayrhuber, H. & Unterbrunner, U. (Hrsg.): *Lehren und Lernen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studienverlag.
- Hanke, P. (2005).** Öffnung des Unterrichts. In: Einsiedler, W. et al. (Hrsg.): *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. 2. Aufl., Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Heinze-Fry, J. A. & Novak, J. D. (1990).** Concept mapping brings long-term movement toward meaningful Learning. *Science Education*, 74, 461-472.
- Hill, A. B. & Perkins, R. E. (1985).** Towards a model of boredom. *British Journal of Psychology*, 76, 235-240.
- Jegede, O. J., Alaiyemola, F. F. & Okebukola, P. A. (1990).** The effect of concept mapping on students' anxiety and achievement in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 951-960.
- Johnson, D., Johnson, R. & Smith, K. (1991).** *Active learning: Cooperation in the college classroom*. Edina: Interaction Book Company.
- Kammermeyer, G. (1999).** Zur Bedeutung der Vorbereitungs-, Reflexions- und Verarbeitungsphase für erfolgreiches Lernen an Stationen. *Unterricht/Erziehen*, 6, 318-320.
- Kanevsky, L. & Keighley, T. (2003).** To produce or not to produce? Understanding boredom and the honor in underachievement. *Roeper Review*, 26, 20-28.
- Killermann, W., Hiering, P. & Starosta, B. (2005).** *Biologieunterricht heute*. 11. Aufl., Donauwörth: Auer Verlag.
- Kinchin, I. M., Hay, D. B. & Adams, A. (2000).** How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42, 43-57.
- Lohrmann, K. (2008).** *Langeweile im Unterricht. Eine empirische Studie zu Struktur, Vorkommen und Coping*. Muenster: Waxmann.
- Lord, T. R. (1997).** A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology. *Innovative Higher Education*, 21, 197-216.

- Lord, T. R. (2001).** 101 reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63, 30-38.
- Mahler, S., Hoz, R., Fischl, D., Tov-Ly, E. & Lernau, O. Z. (1991).** Didactic use of concept mapping in higher education: Applications in medical education. *Instructional Science*, 20, 25-47.
- Markham, K. M., Mintzes, J. J. & Jones, M. G. (1994).** The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 91-101.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J. & Clavijo, I. E. (2000).** Restructuring knowledge in biology: cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education*, 22, 303-323.
- Norusis, M. J. (1993).** *SPSS for Windows professional statistics release 6.0*. Chicago: SPSS Inc.
- Novak, J. D. (1990).** Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Okebukola, P.A. (1992).** Can good concept mappers be good problem solvers in science? *Research in Science & Technological Education*, 10, 153-170.
- Pearsall, N. R., Skipper, J. E. J. & Mintzes, J. J. (1997).** Knowledge restructuring in the life sciences: a longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81, 193-215.
- Randler, C. & Hulde, M. (2007).** Hands-on versus teacher-centred experiments in soil ecology. *Research in Science & Technological Education*, 25, 329-338.
- Robinson, W. P. (1975).** Boredom at school. *British Journal of Educational Psychology*, 45, 141-152.
- Roth, W. - M. & Roychoudhury, A. (1993).** The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge. A microanalysis of high school physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 503-534.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996).** Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 569-600.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000).** Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78.

- Sadler, P. M. (2000).** The relevance of multiple choice testing in assessing science understanding. In: Mintzes, J. L., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. (Hrsg.): *Assessing science understanding. A human constructivist view*. San Diego, London: Academic Press.
- Schaal, S. & Bogner, F. X.. (2005).** Human visual perception - learning at working stations. *Journal of Biological Education*, 40, 2-7.
- Schaal, S. (2006).** *Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Scharfenberg, F. - J., Bogner, F. X. & Klautke, S. (2007).** Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35, 28-39.
- Shaw, S. M., Caldwell, L. L. & Kleiber, D. A. (1996).** Boredom, stress and social control in the daily activities of adolescents. *Journal of Leisure Research*, 28, 274-292.
- Stahle, R. J. & VanSickle, R. L. (1992).** *Cooperative learning as effective social study within the social studies classroom*. Washington: National Council for Social Studies.
- Stice, C. F. & Alvarez, M. C. (1987).** Hierarchical concept mapping in the early grades. *Childhood Education*, 64, 86-96.
- Sturm, H. & Bogner, F. (2008).** Student-oriented versus teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30, 941-959.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998).** Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Ulich, D. & Mayring, P. (1992).** *Psychologie der Emotionen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Vodanovich, S. J., Wallace, J. C. & Kass, S. J. (2005).** A confirmatory approach to the factor structure of the boredom proneness scale: evidence for a two-factor short form. *Journal of Personality Assessment*, 85, 295-303.
- Wallrabenstein, W. (2001).** *Offene Schule – Offener Unterricht*. 9. Aufl., Reinbeck b. Hamburg: Rowohlt.
- Ward, J. H. (1963).** Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236-244.

Willerman, M. and Mac Harg, R.A. (1991). The concept map as an advanced organizer.
Journal of Research in Science Teaching, 28, 705-711.

www.g8-in-bayern.de/imperia/md/content/pdf/aktuelles/g8_broschuere04.pdf (14.04.2009)

www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=97ffdc08acb3213fc6f2c3ac44fdf787
7 (14.04.2009)

5 Liste der Publikationen

- A** Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2009)
Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centred science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations?
International Journal of Science Education, **im Druck**
- B** Gerstner, S. & Bogner, F. X.
The impact of preceding instruction type and gender on concept map structure and learning success: Is concept map structure an indicator for students' learning success?
Educational Research, **eingereicht**
- C** Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2008)
Measuring boredom in natural science classes: Does the teaching style influence students' interest?
The Journal of Educational Research, **eingereicht**

6 Darstellung des Eigenanteils

Im Folgenden wird der Eigenanteil für die Teilarbeiten **A-C** insgesamt dargestellt.

Die Unterrichtseinheit zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“ wurde von mir geplant, durchgeführt und evaluiert, sowohl in Form eines lehrerzentrierten Unterrichts, als auch eines Stationenlernens. Das Gleiche gilt für die Concept Mapping Phase im Anschluss an den eigentlichen Unterricht. Die einzelnen Lernstationen, die ausliegenden Versuchsanleitungen und das begleitende Arbeitsheft wurden von mir konzipiert. Die verschiedenen Materialien für die Unterrichtseinheit wurden durch mich angeschafft, neu angefertigt oder modifiziert. Ferner wurde eine regionale Lehrerfortbildung zum gleichen Thema durchgeführt, die über die Ergebnisse der Studie berichtete und den bewährten Lernzirkel der Zielgruppe der Lehrerschaft vorstellte.

Die Intervention wurde von mir geplant und durchgeführt. Sowohl die Leitung des Stationenlernens als auch des lehrerzentrierten Unterrichts mit anschließender Concept Mapping Phase oblag meiner Person. Weiterhin entstand im Rahmen dieser Arbeit eine Zulassungsarbeit mit dem Titel „Wasser – Grundlage des Lebens: Lernen an Stationen und Concept Mapping in der Grundschule“, in der die Themen des von mir konzipierten Lernzirkels von der Verfasserin der Zulassungsarbeit auf die Grundschule didaktisch reduziert wurden und ebenfalls eine Concept Mapping Phase als Wissenssicherungsphase diente. Das Thema der Zulassungsarbeit wurde von mir gestaltet und die Arbeit von mir betreut.

Der Wissenstest, basierend auf den Lernzielen der Lernstationen, wurde von mir entwickelt und im Rahmen eines Expertengremiums optimiert. Die Skalen des „Intrinsic Motivation Inventory“ und des „Langeweile-Fragebogens“ wurden von mir ausgewählt, der Altersgruppe, der Thematik und dem Unterrichtsfach entsprechend modifiziert und passend zusammengestellt. Das Analyseverfahren zur Erfassung der Concept Map Qualität nach Kinchin et al. (2000) wurde von mir ausgewählt und eigenständig ausgeführt.

Alle drei Arbeiten wurden von mir eigenständig entworfen und mehreren Revisionen unterzogen. Die empirische Datenerhebung und deren umfangreichen Analysen lagen in meiner Verantwortung.

7 Teilarbeiten

7.1 Teilarbeit A

Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2009)

Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centred science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations?

International Journal of Science Education, **im Druck**

Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centred science classes:**Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations?****Abstract**

Our study monitored the cognitive and motivational effects within different educational instruction schemes: on the one hand, teacher-centred versus hands-on instruction; on the other hand, hands-on instruction with and without a knowledge consolidation phase (concept mapping). All the instructions dealt with the same content. For all participants, the hands-on approach as well as the concept mapping adaptation were totally new. Our hands-on approach followed instruction based on “learning at work stations”. A total of 397 high-achieving 5th graders participated in our study. We used a pre-test, post-test, retention-test design both to detect students’ short-term learning success and long-term learning success, and to document their decrease rates of newly acquired knowledge. Additionally, we monitored intrinsic motivation. Although the teacher-centred approach provided higher short-term learning success, hands-on instruction resulted in relatively lower decrease rates. However, after six weeks, all students reached similar levels of newly acquired knowledge. Nevertheless, concept mapping as a knowledge consolidation phase positively affected short-term increase in knowledge. Regularly placed in instruction, it might increase long-term retention rates. Scores of interest, perceived competence and perceived choice were very high in all the instructional schemes.

Introduction

This study deals with an implementation of a specific type of hands-on approach called “learning at work stations” compared to a conventional teacher-centred instruction in 5th grade science education and the application of concept mapping as knowledge consolidation. We first give a short summary of the role of hands-on instruction in education and its influence on intrinsic motivation before we concentrate on the instruction type called “learning at work stations” and the use of concept mapping as a knowledge consolidation phase.

The Role of Hands-on Instruction in Education

Hands-on activity plays a crucial and contentious part in science education by providing both advantages (Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone, 2000; Randler & Hulde, 2007) and disadvantages (Hodson, 1996). Especially younger students may use hands-on activities as a means of thinking, which makes such approaches increasingly popular in early education phases (Flick, 1993). Unfortunately, student-centred experiments and hands-on activities are still rare in regular classroom instruction (Bohl, 2001), although relevant studies have recommended science instruction based on exploring, rather than textbook implementation, by allowing the students to carry out research on their own (e.g., Gurganus, Janas & Schmitt, 1995). Several studies showed that hands-on units, if regularly incorporated classroom instruction, can enhance cognitive achievement (Freedman, 1997; Stohr-Hunt, 1996; Thair & Treagust, 1997). However, spontaneously implemented hands-on instructions did not evoke this specific positive effect on achievement scores, although motivation scores were always higher in student-centred, hands-on approaches (Schaal & Bogner, 2005; Sturm & Bogner, 2008). Nevertheless, the role of hands-on instruction in the classroom remains an open (evaluation) question, especially with regard to the achievement of skill improvement for novices.

Hands-on Instruction and Intrinsic Motivation

Along with hands-on instruction and cognitive aspects, affective aspects matter. For example Maehr and Meyer (1997) labelled motivation as a “*conditio sine qua non*” for any learning process. Hands-on instruction as a relevant student-centred instruction type should enhance students’ motivation by providing a feeling of competence in accordance with the

self-determination theory (e.g., Deci & Ryan, 1993; Grolnick & Ryan, 1989; Williams & Deci, 1996). A number of studies had already empirically monitored intrinsic motivation and demonstrated its positive effect on cognitive achievement (e.g., Deci & Ryan, 1985; Goldberg & Cornell, 1998; Gottfried, 1985; Mitchell, 1992; Sturm & Bogner, 2008; Vallerand et al., 1993). Therefore, any exploration of positive influences of hands-on instruction on intrinsic motivation is to be welcomed. Hence, an application of a specific measurement scale, in detail the Intrinsic Motivation Inventory (IMI), seems appropriate (Deci & Ryan, 1985, 1992), especially if interest, tension, perceived competence and perceived choice are to be detected.

Learning with Hands-on: “Learning at Work Stations”

Hands-on science has been numerously defined by pedagogues and educators (e.g., DeBoer, 1991; Flick, 1993). In general, “hands-on” learning can be regarded as an instructional strategy which focuses on student-centred instruction combined with hands-on activities. In our study, we decided to use the instructional method called “learning at work stations” involving hands-on activity worked out by the students collaboratively in small groups in a self-directed way (Bauer, 2003). This instructional method was originally based on the framework of Helen Pankhurst’s Dalton Plan which includes a student-centred and individualistic instruction type. Other reform pedagogues, such as Freinet, Petersen, Gaudig and Montessori favoured the use of “learning at work stations” in instruction, too. Later, Morgan and Adamson developed a training method for sport competitions labelled “circuit”, where athletes successively passed specific training stations similar to the contemporary “learning at work stations” (Krebs & Faust-Siehl, 1993). This particular method has been increasingly transferred into classrooms, especially in primary schools (Bauer, 1997). However, despite its frequent use, a lack of relevant evaluation studies exists (Schaal & Bogner, 2005). To our knowledge, this is still true for the age group below the 6th grade.

Work stations provide open instruction based on student-centred activities which may lead teachers to take up students' suggestions and integrate them into their instruction (van der Gieth, 2004). Although contents are specified by a teacher, students can choose among different work stations. Furthermore, students work out the subject matter in teams, thus supporting cognitive achievement and enhancing social, practical and professional competences (Lord, 2001).

Knowledge Consolidation by means of Concept Mapping

As we favoured a hands-on phase of reflection upon the subject matter, we chose the method of concept mapping, which is often used as an assessment technique of hands-on instructions (see: Novak & Gowin, 1984; Rice, Ryan & Samson, 1998; Schaal, 2006; Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala & Shavelson, 2005). Concept mapping represents a complete approach helping to develop visual presentations of complex coherences and permits reflection upon newly acquired knowledge (Mintzes, Wandersee & Novak, 1997). It is also thought to promote cooperative activities (Flick, 1993). Halimi (2006) described concept mapping as an appropriate tool for the recall of textual information. However, the question arose about the method's suitability for our chosen age group, especially whether it may enhance cognitive achievement by means of an individual produced concept map. Cassata (1996) showed for our specific age group that best learning results were achieved when teacher and students cooperatively completed a concept map. Poveda, Sanzol & Oneca (1996) showed that even 5th graders are ready for the concept mapping procedure; the students of this specific study, however, already had concept mapping experience before participation. Nevertheless, the question remains how our chosen age group as novices progress with concept mapping.

Objectives of the Study

The specific objectives of our study were to examine (1) students' cognitive achievement and (2) intrinsic motivation when participating in hands-on instruction compared with a teacher-centred approach. Furthermore, we were interested (3) in the impact of the knowledge consolidation phase (concept mapping) after hands-on instruction by comparing this approach with and without such a consolidation phase. We hypothesise higher cognitive achievement and motivation scores in the hands-on approach (learning at work stations) as well as higher cognitive effects if a knowledge consolidation phase is provided.

Methodology

Student Sample and Design of the Study

Altogether, 397 5th grade students from 16 German grammar school classes participated in this study. In Germany, primary schools cover the first four years of schooling. Depending on the evaluation a student gets in his last year at primary school, he is able to attend (i) a secondary general school (providing a basic education mostly for practical vocational training), (ii) an intermediate school (providing extended general education) or (iii) a grammar school (highest stratification level). The final certificate awarded by grammar schools (Abitur) qualifies its holder for university studies.

In order to test whether students' learning success differs according to their participation in a "learning at work stations" approach or teacher-centred instruction and whether concept mapping is an appropriate method for knowledge consolidation, especially after hands-on instruction, we selected three instruction groups. Additionally, we implemented a control group for testing any external effects on students' learning success. Table 1 presents the quasi-experimental design including four instructional groups.

[Insert Table 1 about here]

Instruction 1 (I-1) consisted of three lessons (a total of 135 min) combining teacher-centred instruction and a subsequent concept mapping phase that functioned as knowledge consolidation. All teacher-centred lessons were taught by the same teacher in order to eliminate any teacher effect. Instruction 2 (I-2) comprised a hands-on approach, in particular “learning at work stations”, followed by concept mapping to consolidate students’ newly acquired knowledge. I-2 consisted of three lessons also; the only difference between I-1 and I-2 was the instructional type, while content, time span and the concept mapping phase were the same. Consequently, we were able to directly compare a teacher-centred with a hands-on approach. In order to test the potential role of the concept mapping method for its knowledge consolidation potential in our target age, a third instructional group (I-3) was added by applying instruction 2 without concept mapping. Therefore, I-3 involved 90 min of “learning at work stations” lesson with no further knowledge consolidation. A fourth group served as control in order to exclude any test effects: this group consisted of two classes responding to our knowledge test three times without attending any instruction.

Specific content of the instruction

In both the teacher-centred (I-1) and the hands-on instruction (I-2 and I-3), identical content was taught, once in a teacher-centred manner and once in student-centred hands-on classes. The content of our study dealt with the theme “water – basis of life” which is a part of the regular 5th grade syllabus of natural science classes in Bavaria¹. The teacher-centred and the hands-on instruction provided an introduction to the specific theme “water”. Eight different educational objectives were integrated in instruction, summarized in Table 2.

[Insert Table 2 about here]

Description of the Instruction Type „Learning at Work Stations“

“Learning at work stations” is defined as a self-dependent, free-choice working within groups in which experiments were chosen, completed and verified individually. In our study,

students worked cooperatively in groups of two to three and chose autonomously the sequence they wanted to elaborate during the eight different work stations. The only constraint was that three of the eight work stations were only accessible for fast learners. Five work stations were compulsory. In all work stations, students were confronted with different tasks, for example doing experiments, drawing and crafting. In addition, one computer station was implemented. At the beginning every student received his own workbook for recording individual results (Appendix A)². Instruction sheets and material for each work station were provided. Each work station was available several times to guarantee a smooth working flow. The instruction type “learning at work stations” implies not only self-directed learning but also self-control of students’ achievement. Students were told to compare their individual results with sample solutions provided at the teacher’s desk. Since both “learning at work stations” and the concept mapping approach were totally new to all participants, a short introduction to the instruction type was provided to all the students.

Description of Concept Mapping Method

We decided in favour of a paper and pencil version for concept maps construction. Students were taught to construct network concept maps instead of hierarchical ones to avoid overstraining them as novices (Appendix B). 31 items were pre-defined but the students were allowed to add new ones. The linking phrases weren’t specified, since students were expected to verbalize their own connections between the items.

The Assessment of Cognitive Achievement: the Knowledge Test

The knowledge tests were applied three times: the first, one week before instruction (pre-test, T-1), the second, directly after instruction (post-test, T-2) and the third, six weeks after instruction (retention test, T-3) (Figure 1).

[Insert Figure 1 about here]

All the tests were designed to monitor a student's pre-knowledge, his or her short-term learning success and his or her long-term learning success (Figure 1). The knowledge test consisted of twelve items that covered all topics of the teacher-centred and the hands-on instruction as well: a high score indicated a good understanding of the themes taught (Appendix C). The simple order of knowledge test items was arranged differently in all testing schedules. Item selection was determined by expert rating: items consisted of one correct answer each and one to three distractors. For every student, a total score of all the correct answers was calculated and analysed. Consequently, student's increase in knowledge, retention rate and decrease rate were recorded by calculating differential variables (e.g., Scharfenberg, Bogner & Klautke, 2007). We defined knowledge increase as the difference between post-test and pre-test sum scores (T-2 minus T-1). To calculate the retention rate, we subtracted the pre-test scores from the retention-test scores (T-3 minus T-1) and, similarly, for the decrease rate, we subtracted the post-test scores from the retention test scores (T-3 minus T-2).

Students were unaware of any testing schedules: this precludes any specific preparation by the participants (Bogner, 1998). A reliability analysis (of the post-test items) revealed a Cronbach's $\alpha = 0.67$ providing a sufficient reliability for knowledge tests according to Lienert & Raatz (1998).

The Assessment of Intrinsic Motivation: the Intrinsic Motivation Inventory

Four subscales of the Intrinsic Motivation Inventory (IMI) (Deci & Ryan, 1985, 1992) were applied, consisting of twenty-five items in total. The German version of the questionnaire was taken from Schaal (2006). The subscales quantified students' interest, tension, perceived choice and perceived competence, during participation in the hands-on and the teacher-centred classes. The IMI scale, mainly designed for adults and adolescents, has been applied successfully in previous studies with 6th and 9th graders (Schaal, 2006; Sturm &

Bogner, 2008). It was administered directly after the hands-on and the teacher-centred instruction.

Statistical Analysis

SPSS 11.5 was used for statistical analysis and SigmaPlot 8.0 for graphic presentations. With regard to the non-normally distributed variables (Shapiro-Wilk test [in all cases: $p < 0.05$]), we used nonparametric methods for analysis. We assume that the different sample sizes of our instruction groups as well as our quasi-experimental design of the study led to the non-normal distribution of our data. We employed the Friedman test and the Wilcoxon test to analyse within-group differences. The Kruskal-Wallis test as well as the Mann-Whitney U-test (MWU) was used for inter-group differences. In case of significant differences, we calculated the γ^* (Hedges & Olkin, 1984) as a nonparametric estimator of effect size and interpreted values between 0.2 and 0.5 as a small to medium effect and between 0.5 and 0.8 as a medium to large effect (Kampenes, Dyba, Hannay & Sjøberg, 2007).

Results

In order to provide a statistical basis for comparison of our instruction groups we analysed the pre-test knowledge scores which revealed no statistically significant group differences (Kruskal-Wallis test, chi-square = 4.270, $df = 3$, $p = 0.234$), so comparison analyses did not face specific challenges. Additionally, our control group showed no external effects by yielding similar knowledge scores at all three testing schedules (Friedman test, $n = 55$, chi-square = 1.53, $df = 2$, $p = 0.466$) (see Table 3).

[Insert Table 3 about here]

Nevertheless, differences within the groups observed (Friedman test_(I-1), $n = 94$, chi-square = 146.87, $df = 2$, $p < 0.001$; Friedman test_(I-2), $n = 78$, chi-square = 76.91, $df = 2$, $p < 0.001$; Friedman test_(I-3), $n = 170$, chi-square = 147.62, $df = 2$, $p < 0.001$).

Within-Group Comparison of Learning Success

Within-group analyses were conducted to test whether our students learnt something about the theme “water – basis of life” in the different instruction types and if there were positive effects on short-term and long-term learning success. Comparing the pre-test scores with the post-test scores (signalling short-term learning success), all the instruction groups gained knowledge significantly (Table 3 & 4). The same was true for the long-term learning success (comparing T-3 with T-1) (Table 3 & 4).

[Insert table 4 about here]

Between-Group Analysis of Learning Success

We examined post-test and retention-test scores to any differences in learning success between the instruction groups due to the instruction methods. Significant group differences were found with regard to the post-test and retention-test knowledge scores (Kruskal-Wallis test_(post-test), $n = 397$, chi-square = 125.90, $df = 3$, $p < 0.001$; Kruskal-Wallis test_(retention test), $n = 397$, chi-square = 48.37, $df = 3$, $p < 0.001$). Subsequent pair-wise analyses clearly showed higher scores in the post-test for the teacher-centred instruction (I-1) compared with the hands-on approach (I-2) (Mann-Whitney U-test, $Z = -3.815$, $p < 0.001$, $\gamma^* = 0.53$), see Figure 2. No significant differences in short-term and long-term learning success were detected between the hands-on group plus concept mapping (I-2) and the hands-on group without concept mapping (I-3) (Mann-Whitney U-test, $Z = -1.886$, $p = 0.059$), see Figure 2.

[Insert Figure 2 about here]

The retention-test, administered six weeks after our intervention, revealed similar achievement levels for all the instructional groups (Figure 2). Neither the comparison of instruction groups I-1 and I-2 nor of instruction groups I-2 and I-3 showed any differences in

retention test scores, (I-1/I-2: Mann-Whitney U-test, $Z = -1.673$, $p = 0.094$; I-2/I-3: Mann-Whitney U-test, $Z = -0.468$, $p = 0.640$).

Analysis of Differential Variables of Knowledge

We were not merely interested in our students' learning success, but rather in their knowledge increase, their retention rate and their decrease rate. The analysis of differential variables revealed significant group differences measuring the increase in knowledge and the decrease rate (Kruskal-Wallis test_{increase}, $n = 342$, chi-square = 42.70, $df = 2$, $p < 0.001$; Kruskal-Wallis test_{decrease}, $n = 342$, chi-square = 27.29, $df = 2$, $p < 0.001$), but none in the retention rate (Kruskal-Wallis test_{retention}, $n = 342$, chi-square = 4.66, $df = 2$, $p = 0.097$). The post-hoc test of differential variables showed a significantly higher increase in knowledge in the teacher-centred approach (I-1) compared with the hands-on instruction (I-2) (Mann-Whitney U-test, $Z = -3.251$, $p = 0.001$, $\gamma^* = 0.53$), see Figure 3. Furthermore, the loss of acquired knowledge was lower in the hands-on approach (I-2) than in the teacher-centred instruction (I-1) (Mann-Whitney U-test, $Z = -1.977$, $p = 0.048$, $\gamma^* = -0.23$).

[Insert figure 3 about here]

Concept mapping showed a positive effect on the increase in knowledge (Mann-Whitney U-test, $Z = -2.61$, $p = 0.009$, $\gamma^* = 0.43$), but unfortunately a negative effect on the decrease rate (Mann-Whitney U-Test, $Z = -2.70$, $p = 0.007$, $\gamma^* = -0.43$), see Figure 3. However, no significant differences in the retention rates between the three instruction groups were observed.

Analysis of Intrinsic Motivation

Besides the analysis of cognitive achievement we analysed the intrinsic motivation during the participation in our different instruction modes. The Intrinsic Motivation Inventory generally showed high scores of interest, perceived competence and perceived choice and

overall low scores in perceived tension in all forms of instruction (I-1, I-2, I-3), see Figure 4. We observed no statistically significant group differences in perceived tension, competence and choice (Kruskal-Wallis test_{tension}, $n = 342$, chi-square = 5.79, $df = 2$, $p = 0.055$; Kruskal-Wallis test_{competence}, $n = 342$, chi-square = 0.436, $df = 2$, $p = 0.804$; Kruskal-Wallis test_{choice}, $n = 342$, chi-square = 4.22, $df = 2$, $p = 0.121$).

[Insert Figure 4 about here]

Students reported lower tension in the teacher-centred approach (I-1) compared with that in the hands-on approach (I-2) (post hoc; Mann-Whitney U-test, $Z = -2.384$, $p = 0.017$). Knowledge consolidation phase had an effect on interest scores. Surprisingly, students who performed concept mapping after the hands-on phase (I-3) were less interested than students who only participated in the hands-on instruction (I-2) (Mann-Whitney U-test, $Z = -2.621$, $p = 0.009$), see Figure 4. Students found the teacher-centred approach (I-1) as interesting as the hands-on approach (I-2): scores of interest were similar in both instructions. The instructional method had an effect neither on perceived competence nor on perceived choice.

Discussion

The main purpose of our present study was to assess cognitive achievement and intrinsic motivation when participating either in a teacher-centred or a hands-on instruction. On the other hand we were interested in the first time use of concept mapping as knowledge consolidation in grade 5, and in whether this method results in a knowledge increase even the first time it is implemented.

The main findings of our present study were: (1) a significant short-term learning success was shown in general with a comparatively higher score in the teacher-centred instruction. The student-centred hands-on approach, on the other hand, showed a lower decrease rate. Six weeks later, all students showed the same standard of knowledge. (2) Intrinsic motivation scored high with regard to interest, perceived competence and perceived

choice, but showed no difference with regard to all treatments. However, students did not report a higher level of tension in the hands-on approach although this learning setting was totally new to them. (3) Concept mapping positively affected the increase in knowledge although all participants were new to this method. Unfortunately, concept mapping showed no long-term effects on the retention rate and, even negatively affected the decrease rate. Its appropriateness for knowledge consolidation in grade 5 is, therefore, controversial.

In the following, the issue of cognitive achievement between the teacher-centred and hands-on instruction groups is accorded specific consideration. Subsequently we discuss the findings on students' intrinsic motivation while they participated in the different instruction modes and we close with a discussion of the implementation of concept mapping as a knowledge consolidation method.

Discussion of Cognitive Assessment

The first objective of our study was to investigate whether the instructional method has an effect on students' learning success. In particular we were interested in their short-term learning success, their long-term learning success, their increase in knowledge, retention and decrease rates according to the different treatments (I-1, I-2, I-3) they attended.

All three treatment groups demonstrated substantial learning success independently of the different instructions, but all groups showed a significant decrease in knowledge six weeks after the intervention. However, the teacher-centred group (I-1) showed higher short-term learning success than the hands-on group (I-2), in confirmation of the study of 8& Bogner (2007). The short-term learning success was significantly higher in the teacher-centred approach, which contrasts with previous studies, for instance, Christianson & Fisher (1999) or Taraban, Box, Myers, Pollard & Bowen (2007). We hypothesise that the higher post-test scores of the teacher-centred group can be traced back to the instructional type "learning at work stations". This approach was new to all our students and overstrain cannot

be excluded. As novices, they were confronted new operating instructions which they had to follow individually, e.g. performing experiments, observing and recording their results. They were probably distracted by the new learning setting and, therefore, could not concentrate accurately on the actual problem, in contrast to the familiar situation of the purely teacher-centred instruction. This situation presumably led to lower short-term learning success in the hands-on groups. However, students of the hands-on approach (I-2) showed a lower decrease in long-term knowledge compared with our conventional instruction (I-1); thus, no difference was detected in long-term learning success between hands-on and teacher-centred instruction. This contrasts with previous studies, e.g. the study of Schaal & Bogner (2005), where students subjected to the conventional approach scored higher in knowledge retention tests, or, for example, the study of Scharfenberg, *et al.* (2007) where students involved in hands-on activity, showed higher decrease rates than students of teacher-centred instruction. Nevertheless, our results are in concordance with those reported by Sturm & Bogner (2008) and Randler & Bogner (2002), where no differences in retention test scores emerged in teacher-centred and student-centred groups. An important reason for the similar retention test scores in the study of Sturm & Bogner (2008) might lie in an additional introduction phase before the hands-on unit began. However, an additional knowledge consolidation phase, in this case “concept mapping” following hands-on instruction, showed no effect on the retention-test scores. The hands-on unit *per se* led to a reduction of decrease rates. Our hands-on approaches yielded significantly lower decrease rates: as a consequence students forgot less of their newly acquired knowledge compared with students of the teacher-centred approach.

In summary, the higher learning success in the teacher-centred approach had disappeared six weeks later; therefore, hands-on work was no more effective in the long term than teacher-centred learning.

Intrinsic Motivation in the three Modes of Instruction

Differences of students' intrinsic motivation existed depending on the treatment they took part in. In contrast to the study of Sturm & Bogner (2008), no increased scores were monitored in interest, perceived choice and perceived competence in our hands-on approach (I-2) compared with the teacher-centred instruction (I-3). This result is not in line with previous studies that have consistently showed an increase in perceived competence and interest for student-centred, mainly autonomous lessons, and a decrease in anxiety (e.g., Black & Deci, 2000; Ryan & Grolnik, 1986). Hands-on experiences are associated with higher interest scores, as Paris, Yambor & Packard (1998) have shown when comparing an interactive science programme with traditional textbook lessons, or as Randler & Hulde (2007) observed when matching hands-on with teacher-centred approaches. However, we detected no differences in interest between the teacher-centred and the hands-on instruction: the reason for this may lie in the fact that the teacher-centred instruction implied experimental units, executed by the teacher. Hence for the students it apparently made no difference whether they performed experiments on their own or had them demonstrated by a teacher: they must have found both instructional types similarly interesting. The overall feeling of tension during the different teaching methods was low. This is an unexpectedly positive result which further supports the use of spontaneous learning at work stations and hands-on doing, respectively. Overall high scores of interest and perceived competence showed that the issue “water” is rightly placed in the 5th grade curriculum.

Concept Mapping as Knowledge Consolidation

The third objective of our study was to test whether hands-on knowledge consolidation after hands-on instruction has a positive effect on knowledge assessment and whether concept mapping is an appropriate method for knowledge consolidation.

A higher short-term knowledge increase in the hands-on plus concept mapping approach (I-2) compared with the hands-on instruction without knowledge consolidation (I-3) supports the hypothesis that specific knowledge consolidation is needed after completing a hands-on unit. This result also indicates concept mapping as an appropriate method for knowledge consolidation in grade 5. The retention rates of the two hands-on instructions were similarly independent of instructional differences (I-2, I-3). Surprisingly, the additional consolidation phase failed to diminish the decrease rate and even had a negative effect on it. Although I-3 showed slightly higher pre-test scores and marginally lower post-test scores compared to I-2, the analysis of effect sizes showed overall average scores that according to Tallmadge (1977) may be seen as “educationally significant” effect sizes. We hypothesise that knowledge consolidation per se would not negatively affect the decrease rate. We assume that our students were too overstrained with the spontaneous use of concept mapping and, therefore, could not concentrate on the subject at hand because they spent too much time adapting to the new consolidation method. This result contrasts with the study of Slotte & Lonka (1999), who also used concept mapping spontaneously and successfully improved students’ understanding of scientific concepts; however, that study employed a sample of freshmen and is, thus, not comparable to our sample of 5th graders. Concept mapping needs further investigation to examine whether our students understood the new consolidation method and were able to apply it correctly.

To improve knowledge acquisition through hands-on units like “learning at work stations”, an introduction phase (as demonstrated by Sturm & Bogner, 2008) as well as a consolidation phase should accompany the hands-on unit. Our study revealed that, to sustain the higher increase in knowledge caused by concept mapping, the method should be applied regularly, before instruction takes place to improve long-term knowledge acquisition. Additionally, our results show that our 5th grade students had a high level of interest in hands-on instruction. Although they were confronted as novices with an activity-based learning

environment, they reported no higher level of tension during instruction, which also favours hands-on learning in lower grades. Our study shows that science instruction is extremely effective in cases where students' interest can be aroused by the instruction type. For that reason, it is essential to evolve and incorporate activity-based learning settings in regular syllabi, awakening students' fascination for science again and again.

Acknowledgements

The study was supported by the University of Bayreuth. We are extremely grateful to all the students and teachers who participated in this study. The manuscript has greatly benefited from comments and suggestions by M. Wiseman and two anonymous referees.

Notes

1. In German, each federal state has its own school system with its own syllabus.
2. For appendices, see online (link, will be inserted).

References

- Bauer, R. (1997). *Schülergerechtes Arbeiten in der Sekundarstufe I: Lernen an Stationen* [Student based working in the lower secondary education: Learning at work stations]. Berlin, Cornelsen Skriptor.
- Bauer, R. (2003). *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe 1* [Open education in the secondary school]. Berlin, Cornelsen Skriptor.
- Black, A. E. & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry. A self-determination theory perspective. *Science Education*, 84(6), 740-756.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor education on long-term variables of environmental education. *Journal of Environmental Education*, 29(4), 17-29.
- Bohl, T. (2001). Wie verbreitet sind offene Unterrichtsformen [How popular are student-centred instruction methods]? *Pädagogische Rundschau*, 55, 217-287.
- Christianson, R. G. & Fisher, K. M. (1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21(6), 687-698.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education: implications for practice*. New York, Teachers College Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York, Plenum.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1992). The initiation and regulation of intrinsically motivated learning and achievement. In A. K. B. T. S. Pittman (Ed.), *Achievement and motivation: A social-developmental perspective* (pp. 9-36). New York, Cambridge University Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik [The self-determination theory of motivation and its consequence on educational science]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223-238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well being. *American Psychologist*, 55, 68-78.

- Flick, L. B. (1993). The meaning of hands-on science. *Journal of Science Teacher Education*, 4(1), 1-8.
- Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.
- Goldberg, M. D. & Cornell, D. G. (1998). The influence of intrinsic motivation and self-concept on academic achievement in second- and third-grade students. *Journal of Education of the Gifted*, 21, 179-205.
- Gottfried, A. E. (1985). Academic Intrinsic Motivation in Elementary and Junior High School Students. *Journal of Educational Psychology*, 77(6), 631-645.
- Grolnick, W. S. & Ryan, R. M. (1989). Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of Educational Psychology*, 81, 143-154.
- Gurganus, S., Janas, M. & Schmitt, L. (1995). Science instruction: What special education teachers need to know and what roles they need to play. *Teaching Exceptional Children*, 27, 7-9.
- Halimi, S. (1996). The Concept Map as a Cognitive Tool for Specialized Information Recall. In Cañas, A. J. & Novak, J. D. (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Concept Mapping (Vol.1)*, San José, Costa Rica, 542-549.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? or Can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.
- Hedges, L. & Olkin, I. (1984). Nonparametric estimators of effect size in meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 96, 573-580.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.
- Kampenes, V., Dyba, T., Hannay, J. & Sjøberg, D. (2007). Systematic review of effect size in software engineering experiments. *Information and Software Tehnology*, 49, 1073-1086.
- Krebs, H. & Faust-Siehl, G. (1993). *Lernzirkel im Unterricht der Grundschule: mit zahlreichen praktischen Beispielen verschiedener Autoren* [Learning at work stations in primary

- education: with numerous practical examples by different authors]. Freiburg, Reformpädagogischer Verlag Jörg Potthoff.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* [Test design and analysis]. Weinheim, Psychologie Verlags Union.
- Lord, T. R. (2001). 101 reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63(1), 30-38.
- Maehr, M. L. & Meyer, H. A. (1997). Understanding Motivation and Schooling: Where We've Been, Where We Are, and Where We Need to Go. *Educational Psychology Review*, 9(4), 371-409.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak J. D. (1997). Meaningful learning in science: The human constructivist perspective. In Phye, G. D. (Ed.), *Handbook of academic learning: Construction of Knowledge*. San Diego, Academic Press.
- Mitchell, J. V. (1992). Interrelationships and predictive efficacy for indices of intrinsic, extrinsic, and self-assessed motivation for learning. *Journal of Research and Development in Education*, 25, 149-155.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York, Cambridge University Press.
- Paris, S.G., Yambor, K.M. & Packard, B.W.L. (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal*, 98(3), 267-288.
- Poveda, M. R. F., Sanzol, N. I. & Oneca, M. J. T. (1996). A study of links in concept maps constructed by primary students. In Cañas, A. J. & Novak, J. D. (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Concept Mapping (Vol.2)*, San José, Costa Rica, 1-4.
- Randler, C. & Bogner, F.X.(2002). Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Journal of Biological Education*, 36(4), 181-188.
- Randler, C. & Hulde, M. (2007). Hands-on versus teacher-centred experiments in soil ecology. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 329-338.
- Rice, D. C., Ryan, J. M. & Samson, S. M. (1998). Using concept maps to assess student learning in the science classroom: Must different methods compete? *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1103-1127.

- Ryan, R. & Grolnick, W. (1986). Origin and pawns in the classroom: Self-report and projective assessments of individual differences in children's perceptions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(3), 550-558.
- Schaal, S. (2006). *Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien* [Discipline integrated learning with digital media]. Hamburg, Verlag Dr. Kovac.
- Schaal, S. & Bogner, F. X. (2005). Human visual perception - learning at workstations. *Journal of Biological Education*, 40(1), 32-37.
- Scharfenberg, F. J., Bogner, F. X. & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(1), 28-39.
- Slotte, V. & Lonka, K. (1999). Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education*, 21(5), 515-531.
- Stohr-Hunt, P. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 101-109.
- Sturm, H. & Bogner, F. (2008). Student-oriented versus teacher-centred: the effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30, 941-959.
- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R. & Bowen, C. W. (2007). Effects of active-learning experiences on achievement, attitudes, and behaviors in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 960-979.
- Thair, M. & Treagust, D. F. (1997). A review of teacher development reforms in Indonesian secondary science: the effectiveness of practical work in Biology. *Research in Science Education*, 27(4), 581-597.
- Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Brière, N. M., Senécal, C. & Vallières, E. F. (1993). On the Assessment of Intrinsic, Extrinsic, and Amotivation in Education: Evidence on the Concurrent and Construct Validity of the Academic Motivation Scale. *Educational and Psychological Measurement*. 53, 159-172.

- van der Gieth, H. J. (2004). *Lernzirkel - Die neue Form des Unterrichts* (Vol. 3) [Learning at work stations – A new type of instruction (Vol. 3)]. Kempen, BVK Buch Verlag.
- Williams, G. C. & Deci, E. L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 767-779.
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C. & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166-184.

Table 1. Quasi-experimental design of the study

Time	Instruction 1 (I-1)	Instruction 2 (I-2)	Instruction 3 (I-3)	Control group
90 min	teacher-centred instruction	hands-on instruction (“learning at different work stations”)	hands-on instruction (“learning at different work stations”)	-
45 min	concept mapping (knowledge consolidation)	concept mapping (knowledge consolidation)	-	-
$N_{classes}$	4 classes	4 classes	6 classes	2 classes
$N_{students}$	94	78	170	55

Table 2. Learning stations applied in I-2 (hands-on instruction + concept mapping) and I-3 (hands-on instruction – concept mapping) and the expected learning outcomes of all three instruction types (I-1, I-2, I-3)

Number and short description of the learning stations:	Educational objectives:
1) How can water-striders move on the water surface?	Water-striders' attributes to move on the water surface, attributes of fats according to the surface tension of water
2) How do plants get their water?	Capillarity inside the plant
3) Are plants able to sweat?	Water loss of plants through transpiration process
4) What's the water cycle?	Aggregate phases of water and the water cycle
5) Where does our drinking water come from?	Principle of communicating vessels and the way of the drinking water from well to the flat
6) Attention! Explosive!	Explosive power of water in combination with germination of seeds
7) Which animals live in your pond?	Invertebrate fauna in and around a pond
8) The water surface – It's magic!	Effect of detergents on the surface tension of water

Table 3. In-group comparison of knowledge scores (I-1: teacher-centred instruction + concept mapping, I-2: hands-on instruction + concept mapping; I-3: hands-on instruction without concept mapping)

Mode of Instruction	pre-test (T-1) vs. post-test (T-2)		post-test (T-2) vs. retention-test (T-3)		pre-test (T-1) vs. retention-test (T-3)	
	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
I-1 (<i>n</i> = 94)	-8.302	<0.001	-7.245	<0.001	-7.854	<0.001
I-2 (<i>n</i> = 78)	-7.180	<0.001	-5.181	<.001	-6.041	<0.001
I-3 (<i>n</i> = 170)	-10.195	<0.001	-3.878	<.001	-8.721	<0.001
control group (<i>n</i> = 55)	-0.306	0.759	-0.954	0.340	-1.525	0.127

Note. Post hoc: Wilcoxon test, asymptomatic significance, two-tailed.

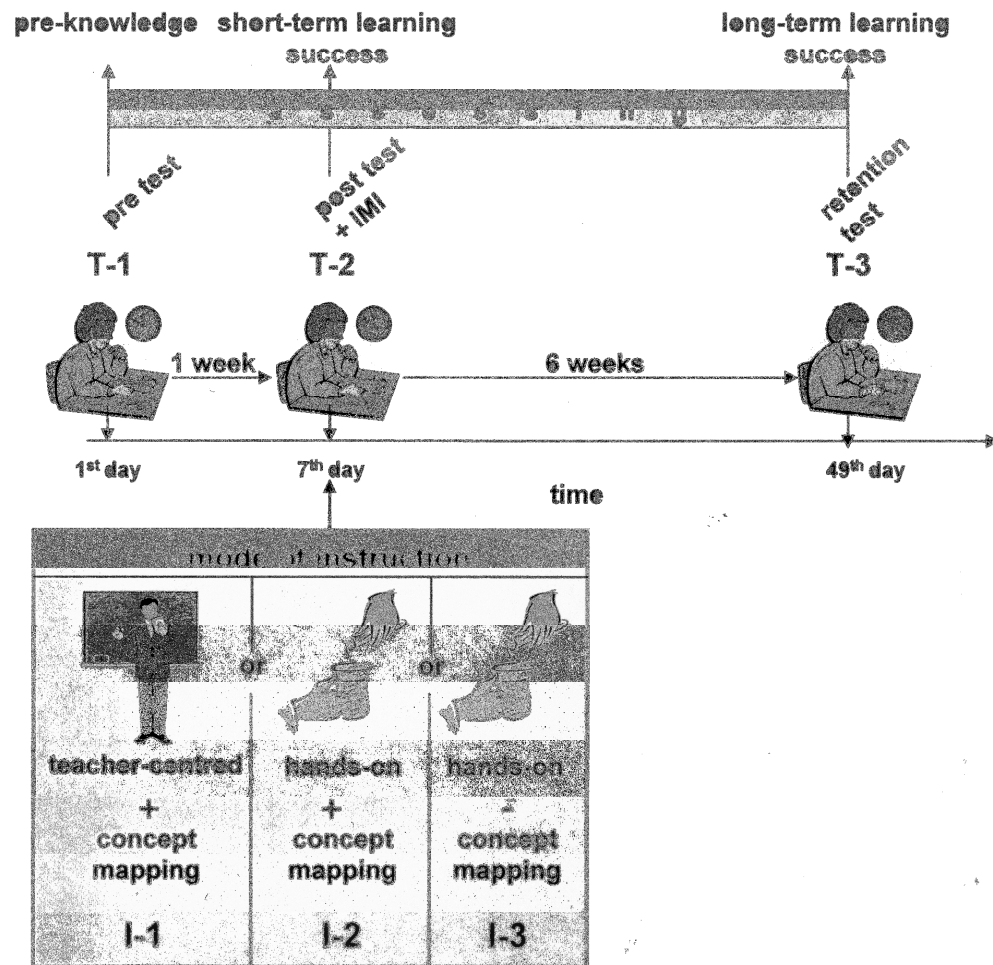


Figure 1. Test-design: schedules of test implementations (pre- test: T-1, post-test: T-2, retention-test: T-3)

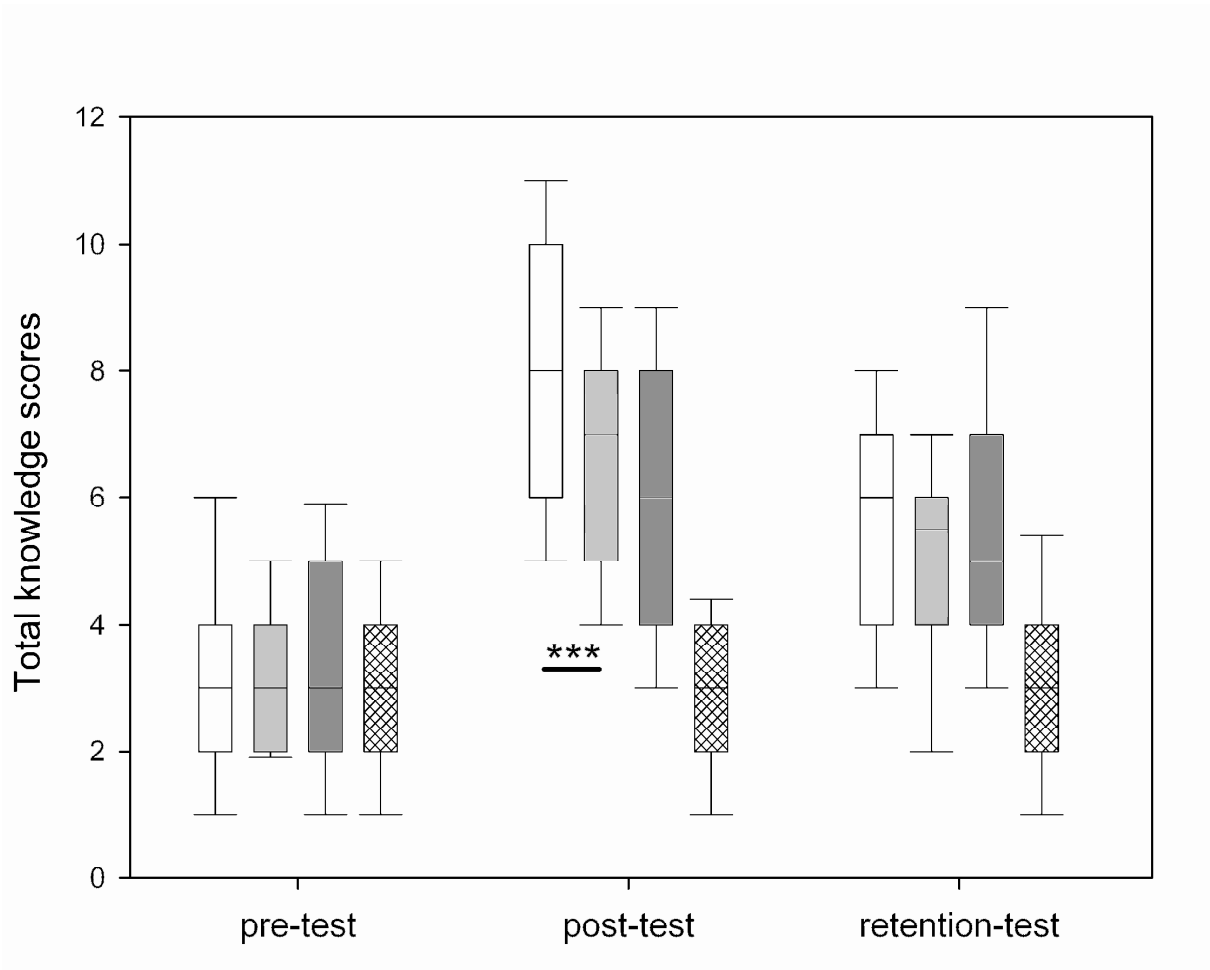


Figure 2. Comparison of total scores in knowledge tests of the four instructions (I-1; I-2; I-3)

- teacher-centred instruction + CMap (I-1)
- hands-on instruction + CMap (I-2)
- hands-on instruction - CMap (I-3)
- control group

Legend: Figure 2

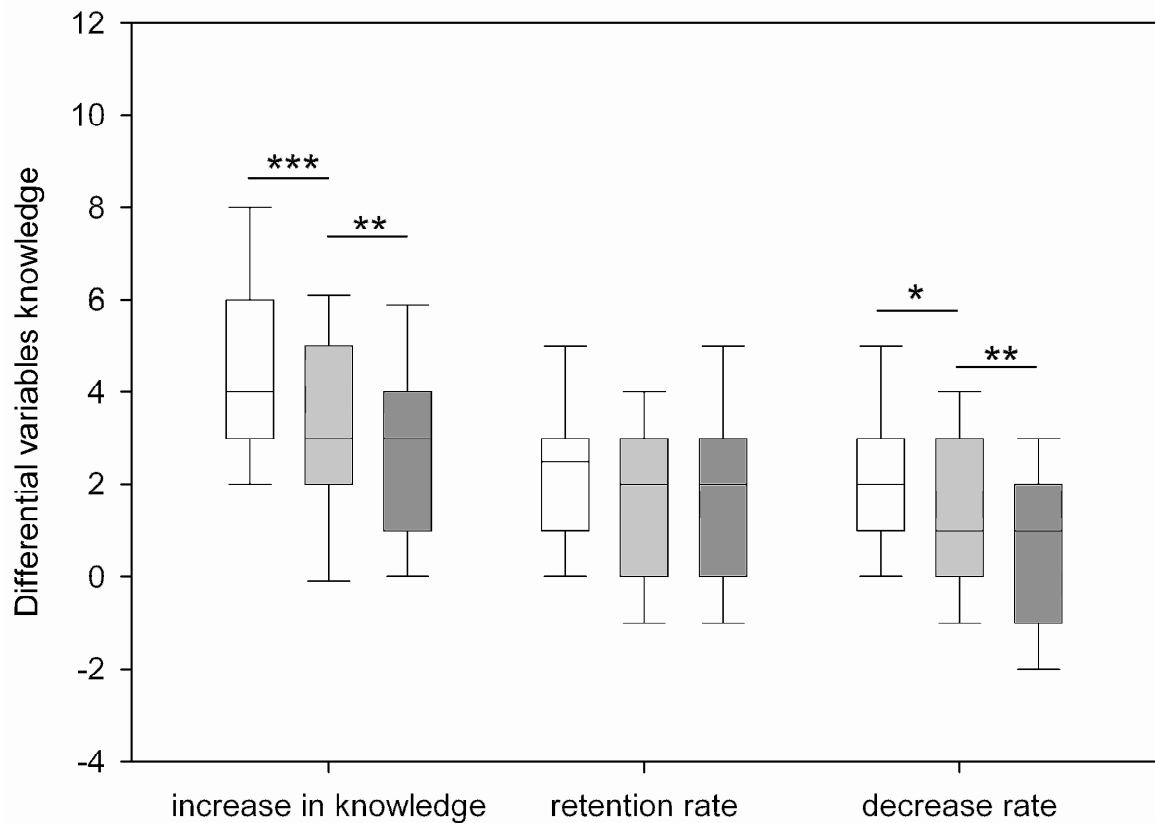


Figure 3. Comparison of differential variables in knowledge tests (pre-test: T-1; post-test: T-2; retention-test: T-3) of three instructions: increase in knowledge (T-2 minus T-1); retention rate (T-3 minus T-1); decrease rate (T-3 minus T-2)

- teacher-centred instruction + CMap (I-1)
- hands-on instruction + CMap (I-2)
- hands-on instruction - CMap (I-3)

Legend: Figure 3

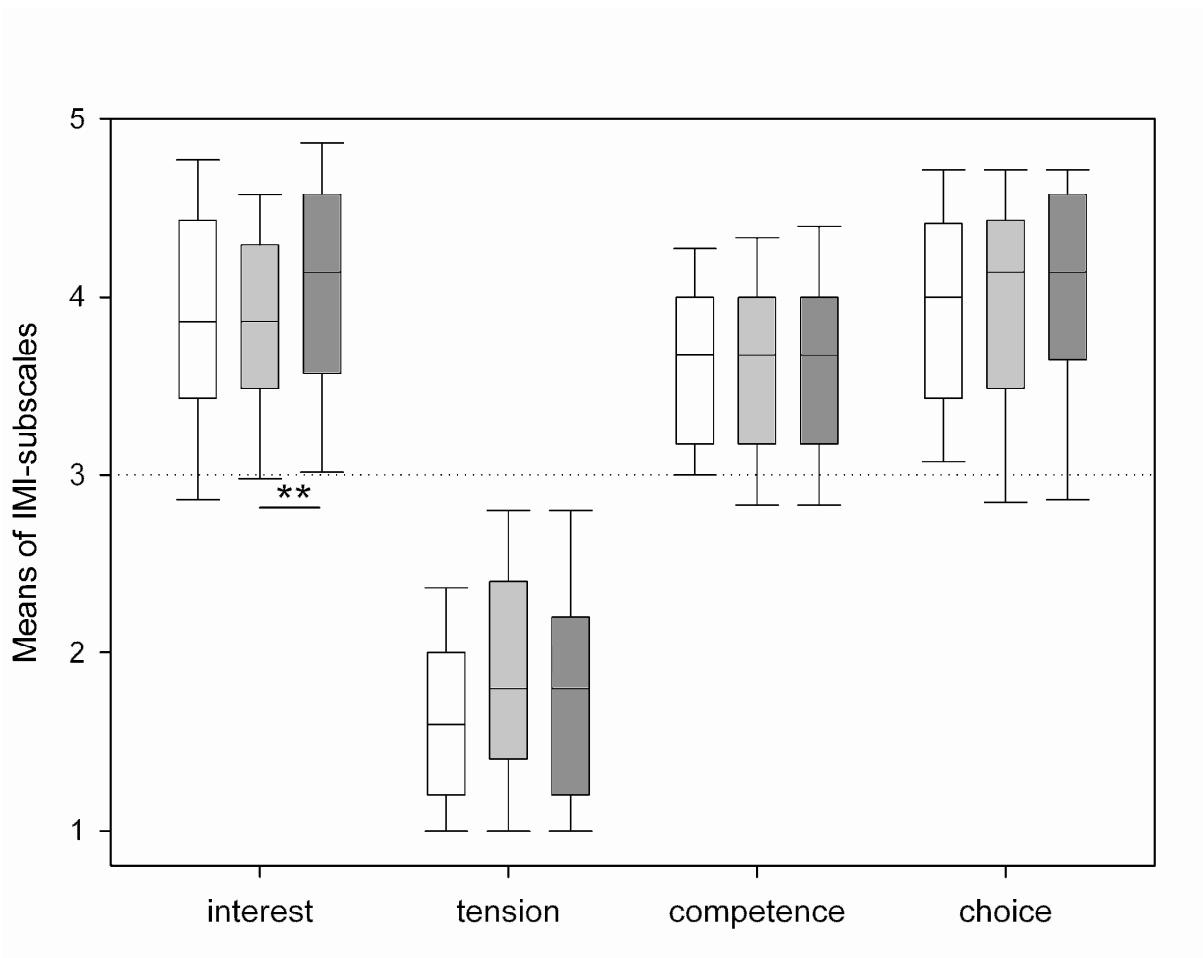


Figure 4. Comparison of intrinsic motivation between instruction groups (I-1; I-2; I-3)

- teacher-centred instruction + CMap (I-1)
- hands-on instruction + CMap (I-2)
- hands-on instruction - CMap (I-3)

Legend: Figure 4

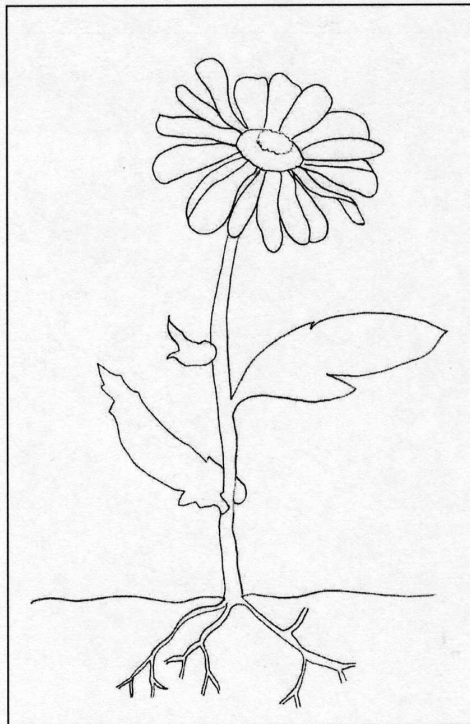
Appendix A. Example of a “chapter” in the workbook (capillarity inside of plants)**2. How do plants get their water?**

Water always flows downwards, from the mountains to the valleys because of gravitation. "Benno the Beaver" argues: "Water is also able to flow upwards!" - Is that right?

Task 1

How does the water enter the plant?

Draw the way of the water inside the plant! Mark the water's direction with arrows (↓↑)!

**Task 2**

Experiment: Where flows the water inside the plant?

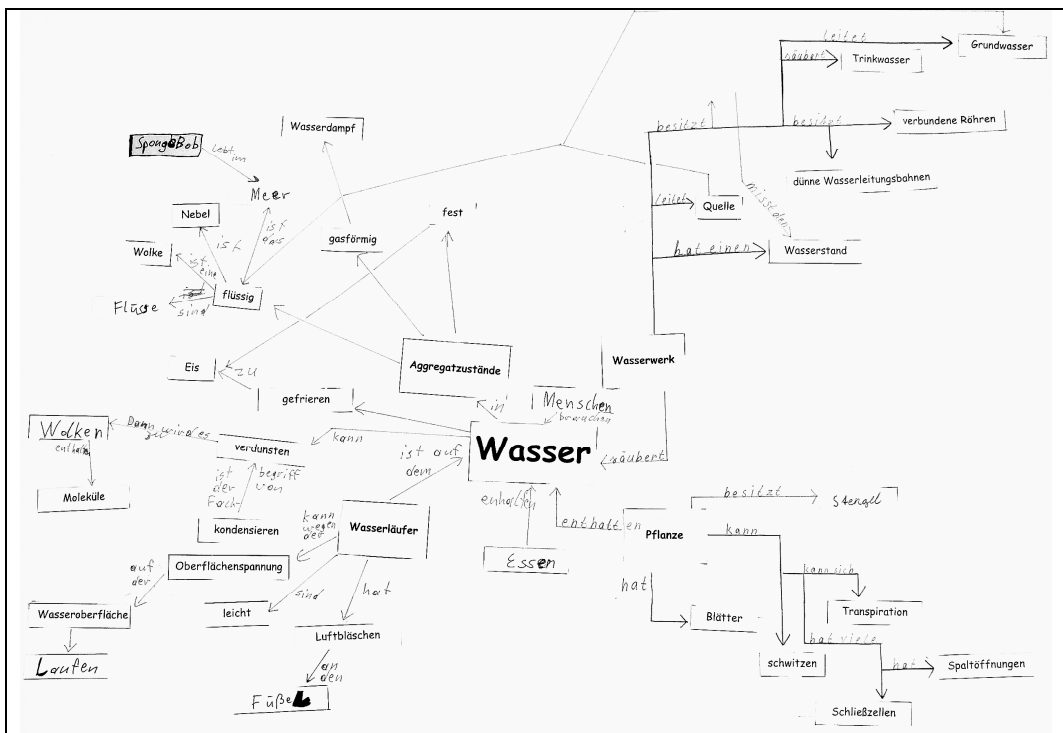
Try to find out if water can rise in narrow tubes! Follow the description of the experiment. You can find it in the carton.

... please turn over

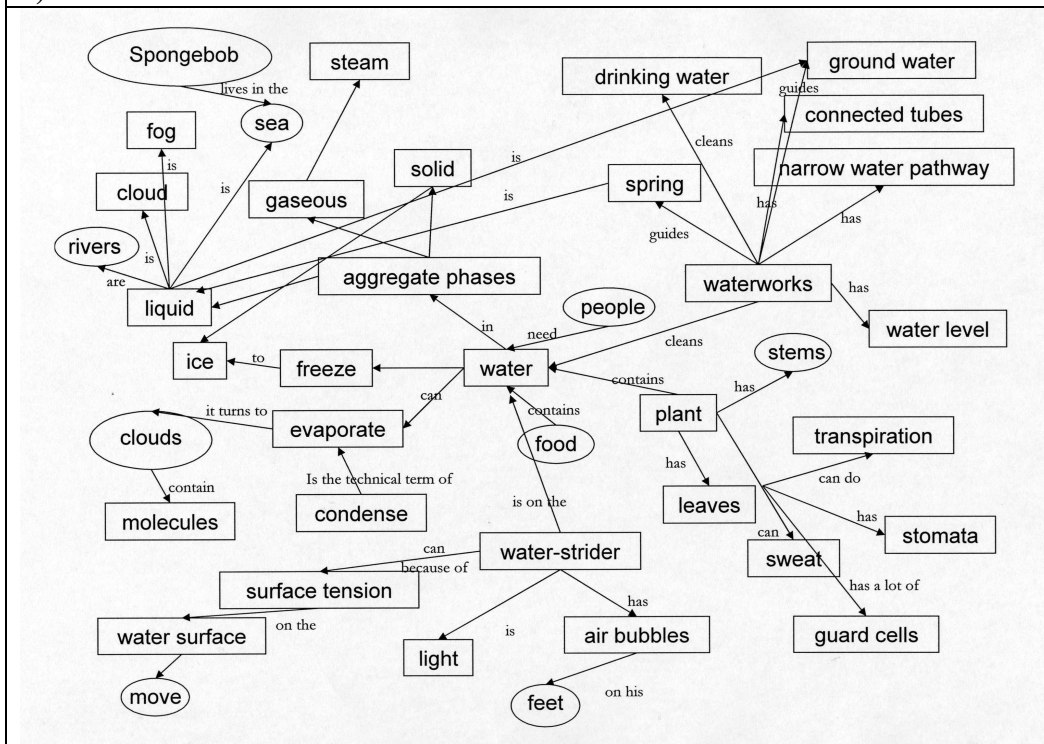


Appendix B. Example of a concept maps produced for knowledge consolidation:

- original version in German (above)
- translated and digitalized English version (below)



a)



b)

Note: oblongs show pre-defined items; ellipses show items, individually added by the students

Appendix C. Extract of knowledge test items. The test consisted of 12 items in total. The order of items and possible answers differed the three times the test was used.

There is only one correct answer. Please tick the correct answer!

What is happening when water condenses?

Water changes its aggregate phase ...

- ☐ ... from solid to liquid
- ☐ ... from liquid to gaseous
- ☐ ... from liquid to solid
- ☐ ... from gaseous to liquid [correct answer]

There is only one correct answer. Please tick the correct answer!

What is meant by “transpiration” in botanical context?

- ☐ *The plant loses liquid water.*
- ☐ *The plant loses gaseous water.* [correct answer]
- ☐ *The plant absorbs liquid water.*
- ☐ *The plant absorbs gaseous water.*

7.2 Teilarbeit B

Gerstner, S. & Bogner, F. X.

The impact of preceding instruction type and gender on concept map structure and learning success: Is concept map structure an indicator for students' learning success?

Educational Research, **eingereicht**

The Impact of preceding Instruction Type and Gender on Concept Map Structure and Learning Success: Is Concept Map Structure an Indicator for Students' Learning Success?

Gerstner, S.* & Bogner, F.X.

Centre of Maths and Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, Institute of Biology Didactics, D-95445 Bayreuth, Germany

Abstract

Background - This study deals with the application of concept mapping with a 5th grade science instruction and it particularly focuses on the analysis of concept map structure and students' long-term learning success.

Purpose - The main research questions were: (1) Does a preceding instruction type affect concept map structure or students' learning success? (2) Is the structure of concept maps influenced by gender? (3) Is the concept map structure a reliable indicator for students' long-term learning success?

Sample - 153 high achieving 5th grade students from seven German secondary schools participated in the study. The average age of participants was 10.48 years. Gender distribution was balanced. All students produced concept maps collaboratively.

Design and methods - We implemented two instructional groups. Instruction-1 was based upon a teacher-centred instruction and a subsequent concept mapping phase. Instruction-2 consisted of a hands-on instruction and a subsequent concept mapping phase. Both instructional groups dealt with the same topic which was “water – basis of life”, and lasted three school lessons à 45 min in each case. The concept mapping phase lasted 45 min. For the concept map structure analysis we made use of the method of Kinchin et al. (2000). We defined three different possible types of concept map structure: spokes, chains and nets. Furthermore for assessing a student's short- and long-term learning success we constructed a multiple-choice knowledge test applied in

a pre-, post-, retention-test design. As our data were normally distributed we applied parametric tests, such as MANOVA, one-way ANOVA and t-tests to test variables gender, preceding instruction, number of nets per concept map and their interactions.

Results - The preceding instructional type showed an effect on concept map structure but not on students' long-term learning success. Students of the teacher-centred instruction produced more net structures than those students who participated in the hands-on instruction. Subsequent analyses showed in total more net structures for female groups. The interaction of gender and number of nets per concept map showed a significant effect on students' long-term learning success.

Conclusion - In summary, Kinchin's classification scheme for assessing concept map quality seems to be a good indicator of students' learning success when applied in combination with a knowledge test.

Keywords: concept mapping; learning success; gender; preceding instruction; 5th grade; hands-on

* Corresponding author. Email: sabine.gerstner@uni-bayreuth.de

Introduction Paper

Interdisciplinary science education with its variety of concepts from many different fields requires instructional methods for consolidating newly acquired knowledge and for connecting those concepts logically. An implementation in early grades is needed to get the chance to improve conceptual learning right from the beginning. Concept mapping seems to be the perfect tool for facilitating this conceptual understanding (Mintzes, Wandersee and Novak 1997). Often implemented and evaluated in educational settings, it provides a suitable tool for learning (Slotte and Lonka 1999; Chiu, Wu & Huang, 2000), for instruction (Toth, Suthers and Lesgold 2002; Schmid and Telaro 1990) as well as for evaluation (McClure, Sonak and Suen 1999; Ruiz-Primo and Shavelson 1996); it may also make it easier for

younger children to demonstrate their conceptual understanding in a creative way (Stice and Alvarez 1987).

Quality of maps

It is well known that the connection of different concepts is an important and essential part of meaningful learning. Moreover, the capacity to structure knowledge is itself an indicator of competence (Glaser and Bassok 1989). Knowledge structure can be visualized by means of structural representation tools (Goldsmith, Johnson and Acton 1991) such as concept mapping (Ruiz-Primo and Shavelson 1996). Indeed, Slotte and Lonka (1999) showed the maps' complexity level to play a crucial part in understanding and apprehending scientific texts. Various approaches are available for assessing the quality of concept map structure, and hence the mental ability of the constructor (Novak and Gowin 1984; McClure and Bell 1990; Schaal 2006). In our opinion, the most "teacher-friendly" and thus practical assessing strategy was developed by Kinchin, Hay and Adams (2000). They differentiate a concept map structure into three categories – spokes, chains and nets – which represent different levels of understanding. Furthermore, several studies have shown that this classification type of concept map quality seems to be very robust (Kinchin and Alias 2005; Kinchin, DeLeij and Hay 2005; Kinching and Hay 2005; Hay and Kinchin 2006). We therefore used this classification method in our study and additionally applied a knowledge test for assessing students' pre-knowledge, their short- and long-term learning success.

The combination of concept mapping and knowledge tests for receiving information about students' knowledge gain is not unfamiliar. Willerman and Mac Harg (1991), for example, introduced concept maps as "advanced organizers" and later examined eight graders' knowledge gains by using a knowledge test. Heinze-Fry and Novak (1990) also made use of a post- and delayed post-test design to investigate students' knowledge gains after a concept mapping instruction. Åhlberg and Ahoranta (2008) even came to the conclusion that teachers should use both concept maps and short answer tests for monitoring their students' learning.

Gender and structure

The gender aspect of concept mapping structures aroused our particular interest because here are contradictory studies regarding this issue. While school-girls often achieve a lower knowledge gain through concept mapping as reported by Jegede, Alaiyemola and Okebukola (1990), other studies show that female university students produce more complex maps than their male fellows (Pearsall, Skipper and Mintzes 1997). This was true for the same age group when the structural complexity and propositional validity of maps were evaluated using a modified version of Novak and Gowin's scoring method implemented by Markham, Mintzes and Jones (1994) in the study of Martin, Mintzes and Clavijo (2000). But shouldn't there be a positive correlation between complexity level of a concept map and students' learning success? Or is it just a question of age that only younger female students display a lower knowledge gain by applying concept mapping compared to their male class fellows?

Preceding instruction

Since we applied concept mapping as a means of knowledge consolidation, we further analysed how preceding instruction types affect concept mapping structures. A more student-centred, hands-on approach as a preceding instruction phase may provoke well integrated maps and highly complex maps because learning in hands-on science includes not only the understanding of the content itself but also the ability to unify themes or concepts (Flick 1993). Further research points to the crucial importance of applying science materials in a hands-on instruction aiming to encourage a meaningful learning whereas textbook studies show no influence (Gurganus, Janas and Schmitt 1995). Anderson (1997) emphasized the fact that the active involvement of students in instruction may increase activation and transformation of schemata and thus provides as a basis for constructing ideational (mental) networks, whereas textbook studies and recitation realised in conventional teacher-centred instruction provoke only rote learning rather than facilitate higher-order thinking skills (Anderson 1997; Darling-Hammond 1996). In addition, most research comparing hands-on

and teacher-centred approaches share the similar outcomes: students participating in hands-on instruction achieve higher learning success (e.g., Christianson and Fisher 1999; Taraban et al. 2007). So we decided to implement both hands-on and teacher-centred instruction prior to the concept mapping phase to test whether the learning success of students differs due to instruction type and whether the instructional method influences concept map structure.

Aims of the study

1) We focused first on gender differences in a concept map structure, especially with our age group of 5th graders. 2) We implemented two different instruction types, preceding the concept map production in order to test if the prior instruction type also affects concept map structure. 3) Furthermore, we were interested if there exists a positive correlation between learning success as assessed by the knowledge tests, and the level of complexity of concept maps.

Methodology

Setting

Our study was conducted in seven high schools of the highest stratification level (Gymnasium) in Bavaria, Germany, by using a single 5th grade class per school. Data were collected from 153 students in total over an 8-week period. All students were high achievers. (Note that in the German school system, secondary school starts with the 5th grade). Our students worked together in groups of two or three and produced 81 concept maps in total. We decided in favour of groups because several studies have reported that students who cooperatively yielded higher achievement scores than those who constructed their concept maps individually (Okebukola and Jegede 1989; Okebukola 1992). As we were interested in possible gender differences we excluded gender-mixed groups from the analysis. Our sample included 70 groups. Thus, our quasi-experimental design was group-based.

Demographics

The average age of our students was 10.48 ± 0.40 years. 48.4 % of our participants were females, 51.6 % were males.

Experimental design

Table 1 presents the quasi-experimental design using two instructional groups.

Table 1. Experimental design and chronological process of instruction

time	Instruction 1 (I-1)	Instruction 2 (I-2)
90 min	teacher-centred instruction	student-centred hands-on instruction
45 min	concept mapping	concept mapping
$N_{classes}$	4 classes	3 classes
$N_{students}$	89	64
N_{groups}	41	29

Instruction-1 was conducted in a teacher-centred manner and was followed by a concept mapping phase as knowledge consolidation. Instruction-2 consisted of a “hands-on science activity”, followed by a concept mapping phase. In both the teacher-centred (I-1) and the hands-on instruction (I-2) the same contents were taught. The teacher-centred and the hands-on instruction lasted 90 min, the subsequent concept mapping phase took an additional 45 min lesson. All lessons of the teacher-centred, hands-on and concept mapping phase were taught by the same teacher in order to eliminate any teacher-effects. The concept mapping approach was new to all participating students. A short, 10 min-introduction to the upcoming instruction type was provided to all students. We used the paper and pencil method for creating concept map posters. 31 pre-defined items (nodes) were given to the students but they were free to add new ones. Of the 31 pre-defined items, four were printed bold and had a bigger font size representing the four domains of the instruction, Figure 1.

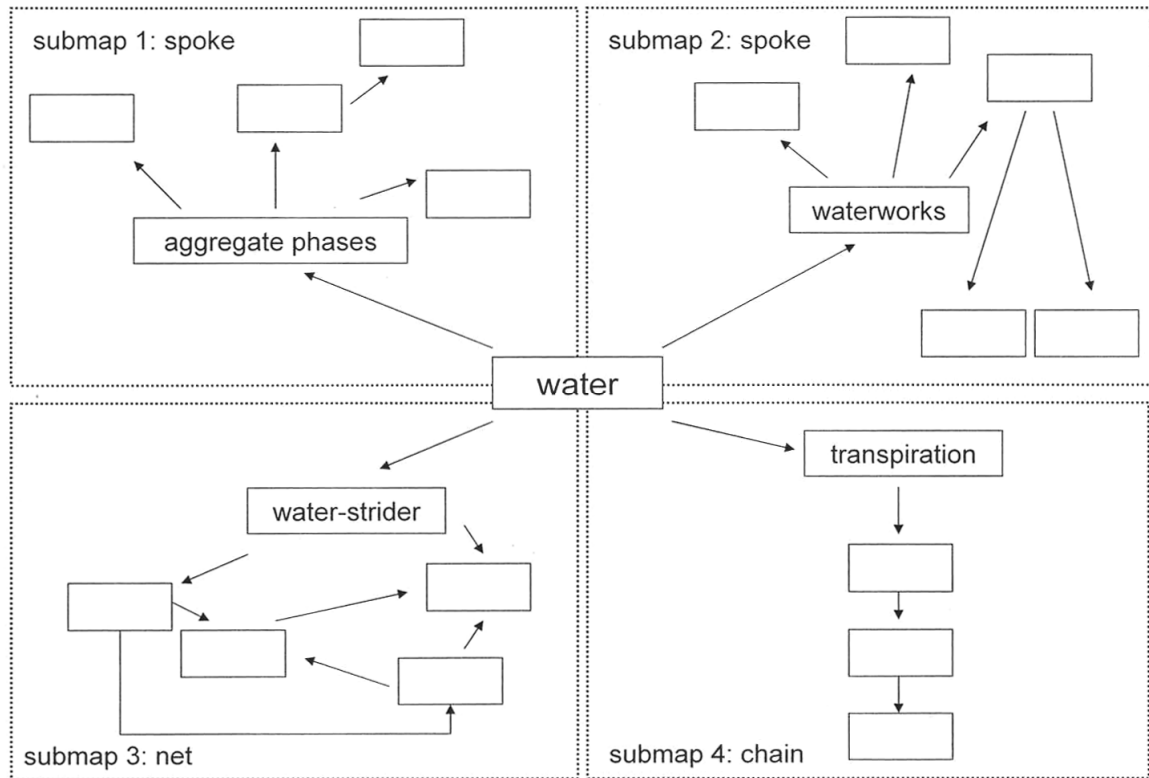


Figure 1. Possible appearance of a concept map with four different structured submaps.

The links and their labels were not specified, since our participants were to find their own definitions. Students had 35 min to complete their concept map posters in teams of two or three. As our students were faced with this new consolidation method for the first time we decided to use “cross-link” concept maps instead of hierarchical ones. The common topic of all instructions dealt with “water – the basis of life” which is part of the regular 5th grade syllabus.

Instrumentation

The knowledge test was applied three times, one week before the instruction (pre-test, Kn-1), immediately after the instruction (post-test, Kn-2) and six weeks after the instruction (retention-test, Kn-3) in order to test student’s pre-knowledge, short-term and long-term learning success, Figure 2. The multiple-choice test was based upon an assortment of comprehension questions and did not query factual knowledge. In particular, the retention-test

was implemented to test students' long-term learning which served as an indicator of meaningful learning. For the item set an expert rating was applied.

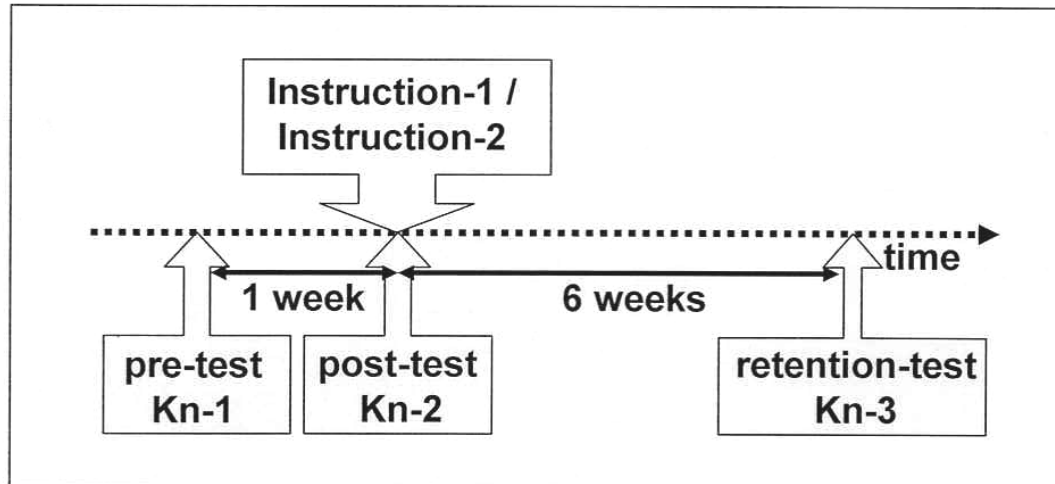


Figure 2. Knowledge-test design: Schedules of knowledge-test implementations (Kn-1, Kn-2, Kn-3)

The items were randomly ordered in the three testing schedules. Ten of the twelve multiple-choice items were presented in groups of four, one correct answer and three distractors; three items used two distractors. All twelve items of the knowledge test covered all topics both of the teacher-centred and of the hands-on instruction. For every student, a total sum score of correct answers was calculated and analyzed. A high score indicated a good understanding of the topics taught. Students were never aware of the testing schedules, a strategy which avoided any specific preparation on the part of the participants (Bogner 1998). A reliability analysis of the post-test items revealed a Cronbach's $\alpha = 0.67$, a level sufficient for knowledge tests according to Lienert and Raatz (1998).

Assessment of map quality

Kinchin et al. (2000) developed a qualitative scheme which can be used to describe the attributes of a concept map in easy and rapid fashion. This scheme assesses not the correctness of a map but rather its level of complexity by describing its morphology. Kinchin

et al. (2000) constituted three categories of maps: spokes, chains and nets, Figure 3. Spokes consist of only one hierarchy level and according to Kinchin et al. (2000) represent the structure of the National Curriculum because these maps show little complexity and an addition or loss of a link would have little effect on the overview. Maps which are characterized as “chains” consist of many levels but these are often unjustifiable and links between different levels are missing completely. Those maps simply reproduce the lesson sequence. On the other hand maps which contain or consist of net structures are built upon several distinguishable levels and are an indicator for meaningful learning. In this case the map’s integrity is high and represents a larger world view (Kinchin et al. 2000).

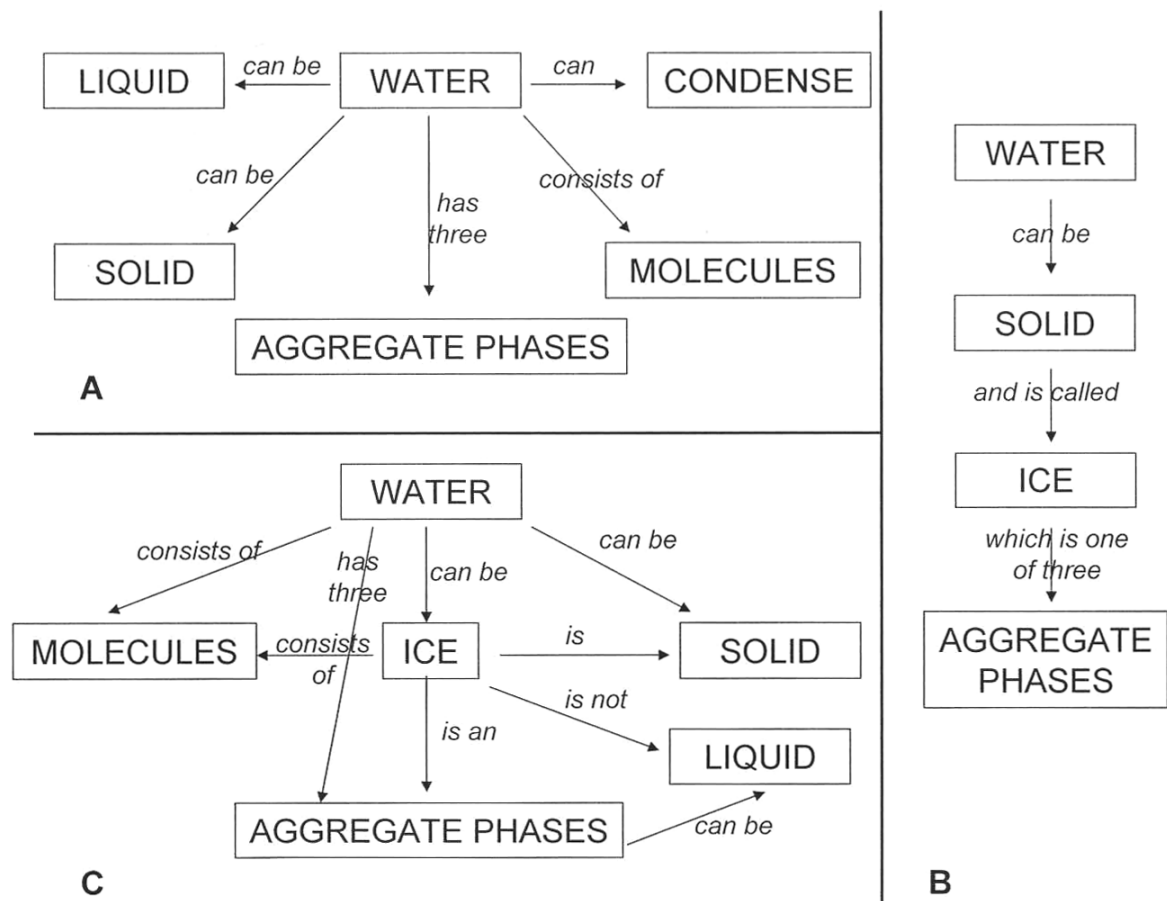


Figure 3. Qualitative description of concept maps as spokes (A), chains (B) and nets (C). according to Kinchin et al. (2000).

In our case students produced four separated “submaps” in one overall map (Figure 1). These four “submaps” could differ in structure and, therefore, the complete map consists of diverse quality levels. Because only the net structure reflects meaningful learning (Kinchin et al. 2000) we concentrated on this structural type. A count of the number of nets per map represents a new variable in our analysis. Students could produce up to four nets per map because of the pre-defined items which belonged to one of the four domains dealt with in the instruction.

Data collection and analysis of concept maps

Cognitive achievement (short- and long-term learning success) was analysed using multivariate ANOVA (MANOVA) to test the global significance of our predictor variables: ‘gender’, ‘instruction’ (I-1; I-2) and ‘number of nets per concept map’. Additionally, we included possible interactions between ‘gender’ and ‘number of nets per concept map’ and ‘instruction’ and ‘number of nets per concept map’ in our analysis. We ensured that the residuals of all parametric tests approximated to a normal distribution (by visually checking normal probability plots and by the Shapiro–Wilk test), and that variances were homogenous (by the Levene test). Furthermore, we applied Chi-Square tests to assess differences in the frequency of the different concept map structures yielded by male and female groups.

Results

Neither our two instruction groups differed in their pre-test knowledge scores (t-test, $n = 70$, $T = -0.191$, $df = 68$, $p = 0.849$), nor statistically significant gender differences were found (t-test, $n = 70$, $T = -1.693$, $df = 68$, $p = 0.095$). Hence comparison analyses did not face specific challenges because our instruction groups were comparable to another.

First of all, we were interested in the quality of the produced concept maps; we therefore examined the structure of concept maps with respect to possible gender effects and effects regarding the preceding instructional phase. The majority of our students, both female and male, created spoke structures which did not differ in frequency (Chi-square test, $n = 137$, χ^2

$= 0.358$, $df = 1$, $p = 0.550$), Figure 4. 39.0 % of the submaps produced by our female groups consisted of nets; only 14.9 % of their submaps were constructed using chains. The proportion of chain structures (27.6 %) was significantly higher in the concept maps our male groups produced (Chi-square test, $n = 58$, $\chi^2 = 4.414$, $df = 1$, $p = 0.030$). Boys produced significantly fewer nets (18.7 %) than their female colleagues (Chi-square test, $n = 80$, $\chi^2 = 11.250$, $df = 1$, $p = 0.001$).

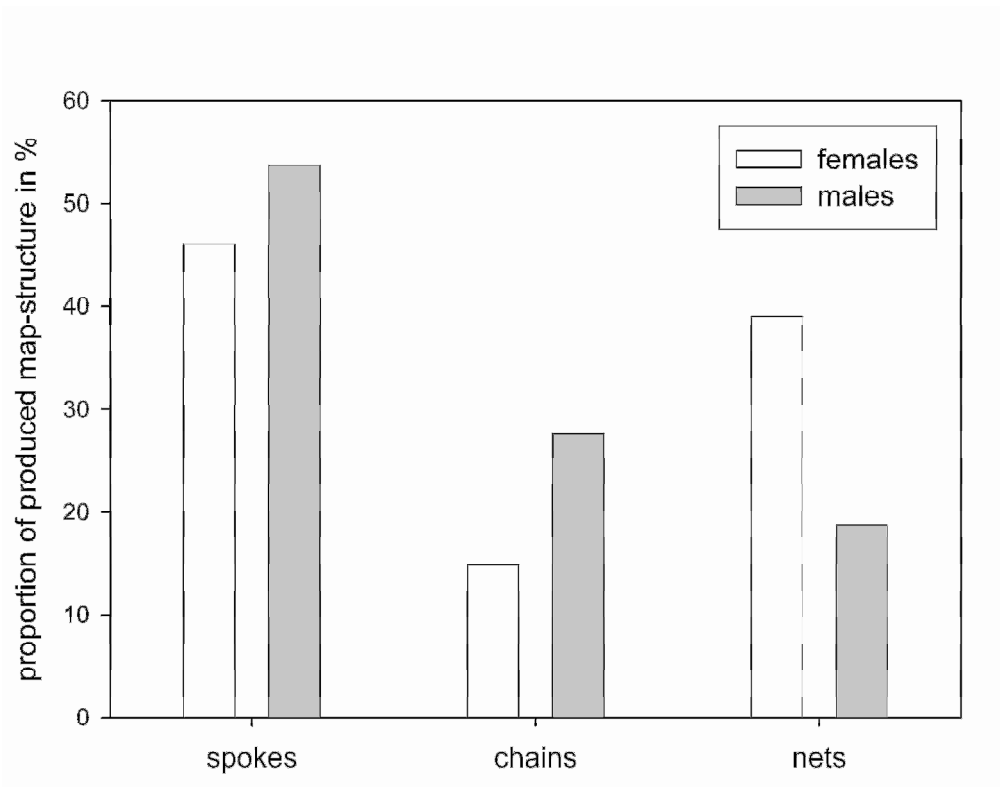


Figure 4. Distribution of structure types of the produced concept maps according to gender

Regarding the two preceding instruction types we could not detect any differences in distribution of structure types, both for spokes (Chi-square test, $n = 137$, $\chi^2 = 3.219$, $df = 1$, $p = 0.073$) and chains (Chi-square test, $n = 58$, $\chi^2 = 0.069$, $df = 1$, $p = 0.793$). But we found a significant difference in distribution of net structures between the instructional types (t-test, $n = 80$, $T = 7.200$, $df = 1$, $p = 0.007$). Astonishingly, students who participated in the teacher-centred instruction produced more net structure (32.3%) than those students who attended the hands-on instruction (24.6 %).

A detailed analysis of the structural types within each concept map failed to identify any gender effects regarding spoke and chain structures. Girls and boys did not differ in the frequencies of spokes or chains, Table 2. Furthermore, the production of spokes was quite balanced between girls and boys. However, we did find a significant gender effect concerning the distribution of the number of nets within the concept maps, Table 2. The most astonishing fact was that 50 % of the boys did not create any net structure at all (compared to 33.3 % of the girls). In total only 14.7 % of the male (compared to 50.1 % of the female groups) groups produced more than one net per concept map and none achieved four nets within a concept map, whereas 11.1 % of our female groups managed to construct four submaps which all showed net structures, Table 2.

Table 2. Distribution of the number of structure types within the produced concept maps according to gender.

number of chosen structure per concept map	spokes (in %)		chains (in %)		nets (in %)	
	girls	boys	girls	boys	girls	boys
0	16.6	11.9	61.2	47.1	33.3	50.0
1	27.8	23.5	30.7	23.5	16.6	35.3
2	27.8	23.5	0	8.8	25.1	5.9
3	13.9	23.5	5.3	14.7	13.9	8.8
4	13.9	17.6	2.8	5.9	11.1	0
Chi-square test	$\chi^2 = 1.572$		$\chi^2 = 5.988$		$\chi^2 = 11.769$	
	$df = 4$		$df = 4$		$df = 4$	
	$p = 0.814$		$p = 0.200$		$p = 0.019$	

When girls produced net structures they created two nets per concept map in most instances, compared to our male groups who managed to create only one net per concept map in the majority of cases.

Another concern of our study was to test whether preceding instruction type affects the structure of concept maps. We found a significant effect of instruction type only on students' short-term learning success, but not on their long-term learning success, Table 3. Students

participating in the teacher-centred instruction showed a higher short-term learning success than students who took part in the hands-on instruction prior to the concept mapping phase. Nevertheless, we found no significant interaction of instruction type and the number of nets a student produced on the long-term learning success, Table 3.

Table 3. Main effects of short- and long-term learning success (variables and interactions; $N = 70$; MANOVA)

	short-term learning success			long-term learning success		
	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
number of nets per cmap	0.901	4	0.470	2.879	4	0.031
gender	2.350	1	0.131	0.785	1	0.379
instruction	7.835	1	0.007	0.799	1	0.375
number of nets per cmap x instruction	0.341	3	0.796	0.379	3	0.769
number of nets per cmap x gender	0.672	3	0.573	3.776	3	0.015

Note: Cmap; abbreviation for concept map.

In contrast, there was a significant effect of the number of net structures within individual concept maps on students' long-term learning success. This effect was dependent on the gender of the participants (significant interaction), Table 3. A closer look at the distribution of net structures per concept maps as a function of retention-test scores showed that girls who constructed three nets per concept map scored highest in the retention-test, Figure 5. Female groups with no net structure displayed a lower long-term learning success than those who created one or more than one net per concept map. There was, however, a noticeable decrease in retention-test scores if boys produced three nets per concept map compared to their male colleagues who produced fewer than three nets.

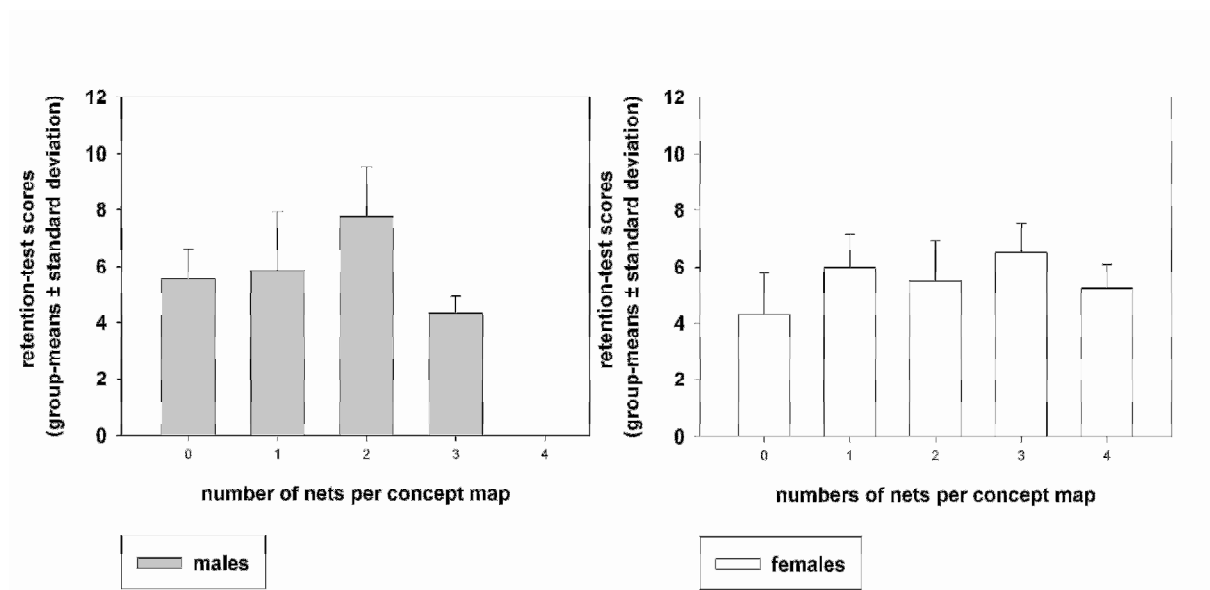


Figure 5. Retention-test scores of girls and boys and distribution of number of nets produced per concept map.

Discussion

The main purpose of the present study was to assess whether there exist (1) differences with regard to the preceding instruction type or (2) gender differences in concept map structure. Moreover, we were interested if (3) the classification method by Kinchin et al. (2000) for structuring concept maps' quality corresponds with students' learning success, and thus is a reliable indicator for students' level of meaningful learning.

The main findings of our present study were: (1) a significant gender difference in concept map structure was observed. In total, girls produced significantly more net structures than their male classmates whereas no effect was found regarding chain and spoke structures. We detected a gender effect in the distribution of the number of chosen structure type per concept map. Girls tended to produce up to four net structures per concept maps, whereas half of our boys created no net structure at all and no male group accomplished four net structures per concept map. (2) Students attending the teacher-centred instruction produced significantly more net structures compared to those students who participated in hands-on instruction prior to the concept mapping phase. The preceding instruction type showed no effect on long-term learning success whereas teacher-centred instruction provoked a higher short-term learning

success compared to hands-on instruction. Furthermore, we detect no effect of the interaction of preceding instruction type and number of net structure per concept map on students' short- or long-term learning success. (3) We found a significant effect of concept map structure and students' long-term learning success regarding especially the number of net structures per concept map. Furthermore, the interaction of number of nets per concept map and gender showed a significant effect on students' long-term learning success. In fact the number of net structures which girls produced within their maps showed a significant effect on long-term learning success.

Influence of the preceding instruction type on concept map structure and long-term learning success

One objective of our study was to test whether the preceding instruction type affects the concept map structure and thus its quality. We did not observe any significant effect on distribution of spokes and chain structures comparing those maps which were produced both after the teacher-centred and the hands-on instruction. Surprisingly, net structures which serve as indicators of meaningful learning were detected more frequently in concept maps which were created after the teacher-centred instruction. Furthermore, analysis revealed that students who attended the teacher-centred instruction performed better in the knowledge post-test and thus had a higher short-term learning success than those students who participated in preceding hands-on instruction. These results are contrary to the study of Christianson and Fisher (1999) who reported that students' attending hands-on instruction showed a deeper understanding of the taught topic than students who participated in teacher-centred instruction. Although teacher-centred instruction showed a positive effect on students' short-term learning success we were unable to detect any effect on long-term learning success. Even the interaction of instruction type and map structure had no effect on students' long-term learning. Hence, we conclude that the preceding instruction had no effect on long-term

learning success but concept maps' quality differed according to which instruction type preceded the concept mapping phase.

Relation of gender and concept map structure

The second objective of our study was to investigate whether there gender differences in concept map structure exist. Although both male and female groups produced similar concept maps regarding spoke and chain structures, we found a significant difference in the production of net structures. In total, girls produced significantly more nets than their male counterparts. According to Kinchin et al. (2000) only net structures are a crucial indicator for meaningful learning, whereas spokes and chains merely represent rote learning. Moreover nets are the most complex structure type within Kinchin's classification. Thus our results imply that female groups produce more complex maps than do their male colleagues. These findings are in concordance with those reported by Pearsall et al. (1997) and Martin et al. (1994), who however, used a different classification scheme in a different age group. The hypothesis that only older female students exceed their male colleagues in concept map complexity can thus be rejected. Our results also show that half of the male groups produced net structures within in their maps whereas only one third of the girl groups produced no net structure. Also the fact that boys failed to create more than three nets per concept map indicates that boys had difficulties with the production of that structure type and therefore seem to lack understanding of the discussed topics compared to their female classmates. Boys who did create two nets per concept map performed best in retention-test, while on the other hand, girls gained highest retention-test scores by producing three maps per concept map. Astonishingly we observed a decrease in retention-test scores when boys created more than two nets per concept map. Girls yielded also worse retention-test scores when they produced more than three nets. We assume that those groups who created most net structures per concept map concentrated too much on the new instruction method than on the content. Those "highly complex" concept maps are probably subverted by incomplete or incorrect links

which would explain the poorer retention-test performance. Those results show that the simple count of net structures per concept map is an insufficient method to assess students' learning success. The more net structures the better the learning success and thus the understanding can not be applied in this case. Our results indicate that concept map structure *per se* is an inappropriate indicator for assessing 5th grade students' long-term learning success. Nevertheless, accompanied by a knowledge test which consists of comprehension questions, concept map structure à la Kinchin et al. (2000) can provide broad insight into students understanding in an easy and quick way.

Acknowledgements

The study was supported by the University of Bayreuth. We are extremely grateful to all the students and teachers who participated in this study. The manuscript has greatly benefited from comments and suggestions by Cathérine Conradty and M. Wiseman.

References

- Åhlberg, M. & Ahoranta, V. (2008). Concept maps and short-answer tests: probing pupils' learning and cognitive structure. In *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*, ed. A.J. Cañas, P.R. Reiska, Åhlberg, M. and J.D. Novak, 260-267. Põlisamaa: OÜ Vali Press.
- Anderson, O.R. (1997). A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education* 81: 67-89.
- Bogner, F.X. (1998). The influence of short-term outdoor education on long-term variables of environmental education. *Journal of Environmental Education* 29: 17-29.
- Chiu, C.H., Wu, W.S. & Huang, C.C. (2000). Collaborative concept mapping processes mediated by computer. Paper presented at the WebNet 2000 World Conference on WWW and Internet, October 30 – November 4, in San Antonio, U.S.A.
- Christianson, R.G. & Fisher, K.M. (1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education* 21: 687-698.
- Darling-Hammond, L. (1996). The right to learn and the advancement of teaching: research, policy, and practice for democratic education. *Educational Researcher* 25: 5-17.
- Flick, L.B. (1993). The meaning of hands-on science. *Journal of Science Teacher Education* 4: 1-8.

- Glaser, R. & Bassok, M. (1989). Learning theory and the study of instruction. *Annual Review of Psychology* 40: 631-666.
- Goldsmith, T.E., Johnson, P.J. & Acton, W.H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology* 83: 88-96.
- Gurganus, S., Janas, M. & Schmitt, L. (1995). Science instruction: What special education teachers need to know and what roles they need to play. *Teaching Exceptional Children* 27: 7-9.
- Hay, D.B. & Kinchin, I.M. (2006). Using concept maps to reveal conceptual typologies. *Education & Training* 48: 127-142.
- Heinze-Fry, J.A. & Novak, J.D. (1990). Concept Mapping Brings Long-Term Movement toward Meaningful Learning. *Science Education* 74: 461-472.
- Jegede, O.J., Alaiyemola, F.F. & Okebukola, P.A. (1990). The Effect of Concept Mapping On Students' Anxiety And Achievement In Biology. *Journal of Research in Science Teaching* 27: 951-960.
- Kinchin, I.M., Hay, D.B. & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research* 42: 43-57.
- Kinchin I.M. & Alias, M. (2005). Exploiting variations in concept map morphology as a lesson planning tool for trainee teachers in higher education. *Journal of In-service Education* 31: 363-385.
- Kinchin, I.M., DeLeij, F.A.A.M. & Hay, D.B. (2005). The evolution of a collaborative concept mapping activity for undergraduate microbiology students. *Journal of Further and Higher Education* 29: 1-14.
- Kinchin, I.M. & Hay, D.B. (2005). Using concept maps to optimize the composition of collaborative student groups: a pilot study. *Journal of Advanced Nursing* 51: 182-187.
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* [Test design and analysis]. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Markham, K.M., Mintzes, J.J. & Jones, M.G. (1994). The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching* 31: 91-101.
- Martin, B.L., Mintzes, J.J. & Clavijo, I.E. (2000). Restructuring knowledge in biology: cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education* 22: 303-323.
- McClure, J.R. & Bell, P.E. (1990). Effects of an environmental education-related STS approach instruction on cognitive structures of preservice science teachers. University Park, PA: Pennsylvania State University. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 341 582).
- McClure, J.R., Sonak, B. & Suen, H.K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching* 36: 475-492.
- Mintzes, J.J., Wandersee, J.H. & Novak, J.D. (1997). Meaningful learning in science: The human constructivist perspective. In *Handbook of Academic Learning*, ed. G.D. Phye, 405-447. Orlando: Academic Press.

- Novak, J.D. & Gowin, D.R. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge Press.
- Okebukola, P.A. & Jegede, O.J. (1989). Students' Anxiety towards and Perception of Difficulty of some Biological Concepts under the Concept-mapping Heuristic. *Research in Science & Technological Education* 7: 85-92.
- Okebukola, P.A. (1992). Can Good Concept Mappers be Good Problem Solvers in Science? *Research in Science & Technological Education* 10: 153-170.
- Pearsall, N.R., Skipper, J. E.J. & Mintzes, J.J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: a longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education* 81: 193-215.
- Ruiz-Primo, M.A. & Shavelson, R.J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching* 33: 569-600.
- Schaal, S. (2006). *Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien* [Discipline integrated learning with digital media]. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Schmid, R.F. & Telaro, G. (1990). Concept mapping as an instructional strategy for high school biology. *Journal of Educational Research* 84: 78-85.
- Slotte, V. & Lonka, K. (1999). Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education* 21:515-531.
- Stice, C.F. & Alvarez, M.C. (1987). Hierarchical Concept Mapping in the Early Grades. *Childhood Education* 64: 86-96.
- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R. & Bowen, C.W. (2007). Effects of active-learning experiences on achievement, attitudes, and behaviors in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching* 44: 960-979.
- Toth, E.E., Suthers, D.D. & Lesgold, A.M. (2002). "Mapping to know": the effects of representational guidance and reflective assessment in scientific inquiry. *Science Education* 86: 264-286.
- Willerman, M. and Mac Harg, R.A. (1991). The concept map as an advanced organizer. *Journal of Research in Science Teaching* 28: 705-711.

7.3 Teilarbeit C

Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2008)

Measuring boredom in natural science classes: Does the teaching style influence students' interest?

The Journal of Educational Research, **eingereicht**

Measuring boredom in science classes: Does the teaching style influence students' interest?

Gerstner, S.* & Bogner, F.X.

Centre of Maths and Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, Institute of Biology Didactics, D-95445 Bayreuth, Germany

Abstract

This study deals with the application of a new boredom battery for measuring trait-boredom in different modes of teaching in regular natural science classes and the effect of an altered teaching style on student types' interest and measured tension feeling. Cluster analysis of the three boredom sub-scales revealed four student types that can be characterized as “optimally challenged”, “moderately challenged”, “reluctant” and “bored” in regular natural science instruction. The implication of hands-on instruction revealed that those students who are already satisfied with usual instruction showed highest interest and the lowest tension values of all student types.

Keywords: boredom, hands-on, instruction, gender, intrinsic motivation, student-types

** Correspondence should be addressed to Sabine Gerstner, Institute of Biology Didactics, Prof. Franz X. Bogner, University of Bayreuth, Universitaetsstrasse 30, 95447 Bayreuth, Germany (email: sabine.gerstner@uni-bayreuth.de).*

Introduction

The assessment of students' boredom in school seems to be an unpopular field in educational research (Breidenstein, 2007). Even primary school students realise that mentioning boredom during instruction is unwelcomed by the teacher (Lohrmann, 2008). Hence, the detection of students' boredom could offer a chance for teachers to improve the teaching situation (Vodanovic, 2003). The study of Gallagher, Harradine & Coleman (1997) on gifted students pointed out that there is need for research especially when it comes to the assessment of boredom in different instruction situations. Fifty percent of their queried students reported that they are not challenged in science instruction because there was an overemphasis on repetition and instruction lacked student-centred activities.

Boredom can be defined as "a state of relatively low arousal and dissatisfaction which is attributed to an inadequately stimulating environment" (Mikulas & Vodanovich, 1993). Regarding educational research, boredom is characterized as a so-called "academic emotion" which emerges during knowledge acquisition (Pekrun, 1998). Hill and Perkins (1985) and Robinson (1975) agree that boredom arises because of the interaction of an individual with a specific situation which is rated subjectively (Ulich & Mayring, 1992). Research is needed in this particular field because there may be different student types (due to their perception of individual instructional settings) that perceive different instructional settings in a different way. Pekrun (2000) showed that boredom appears relatively frequently in learning situations and that it has a negative influence on learning processes and academic achievement.

Research on emotions indicates that students undergo a wide range of different emotions during their academic career (Schutz & Decuir, 2002). These academic emotions are correlated e.g. with students' motivation and their academic achievement (Pekrun, Goetz, Titz & Perry, 2002). Yet Dewey reported in 1913 that interest is essential for a self-paced learning which can provoke emotions, such as satisfaction and pleasure. Dewey (1913) even highlighted interest as the most important factor responsible for students' satisfaction. Several

studies stressed that motivation and interest of students increase students' achievement levels (Goldberg & Cornell, 1998; Gottfried, 1985). Intrinsically motivated students show better results in high-quality learning and a deeper conceptual understanding (Deci, Vallerand, Pelletier & Ryan, 1991). Self-motivation again can be fostered by a feeling of competence, autonomy and relatedness (Deci & Ryan, 2000). Many studies have highlighted the benefits of student-centred instruction (e.g., Flick, 1993; Lord, 2001) and its positive influence on students' intrinsic motivation (Sturm & Bogner, 2008). Kanevsky and Keighley (2003) isolated five independent learning experiences which influence the appearance of boredom: control, choice, challenge, complexity and caring teachers. Hands-on, student-centred instruction in which the teacher's role changes from a solo entertainer towards an observer who renders assistance when it is needed, addresses only the first three of those learning experiences. Students who participate in hands-on science instruction report high levels of interest and of perceived choice and consequently a low feeling of external control by the teacher (Gerstner & Bogner, in press). Research has already examined the hypothesis that different student types could be challenged differently in the conventional classroom. Feldhusen & Kroll (1991) divided their student sample into "gifted" and "average" students but found no difference in level of boredom between those two student types. But what would have happened had the instructional type been altered towards student-centred instruction?

To that date boredom in school has been measured either by qualitative (Gläser-Zikuda & Mayring, 2003; Kanevsky & Keighley, 2003) or by single-item devices (Feldhusen & Kroll, 1991; Shaw, Caldwell & Kleiber, 1996). But single-item measures lack sufficient reliability and validity (Vodanovich, Wallace & Kass, 2005). Lohrmann (2008) found a lack of quantitative batteries to assess boredom in the age group of primary students in different instructional settings. Her questionnaire was implemented in the present study.

Aims of the study

- First we were interested in whether some of the scales of the boredom battery developed by Lohrmann (2008) can be applied in regular natural science classes and in the specific age group of 5th graders. We therefore conducted factor and reliability analyses to test the three scales “mental overload”, “mental underload” and “unused time”.
- To examine whether there exist different student types according to their feeling of boredom in different instructional settings we applied cluster analysis.
- Furthermore, we implemented a new teaching mode that differed from the regular natural science classes our participants attended. This instruction was based upon hands-on, student-centred experiments. We measured students’ interest and their perception of tension during this altered science approach by applying two scales of the Intrinsic Motivation Inventory of Deci & Ryan (1985, 1992). We were interested in whether the previously defined student types showed different levels of interest in the new instructional method or had a different perception of tension.

Methodology

Sample and data collection

This study was administered in Northern Bavarian natural science classes. In total, 298 secondary 5th graders (highest stratification level - “Gymnasium”) participated. (Note that in Germany secondary school starts in grade 5.) Gender was roughly balanced, 170 boys and 128 girls (43 % / 57 %) with an average age of 10.5 years participated. A sub-sample of 150 students took part in either a hands-on or a conventional natural science lesson with the topic “water – basis of life”; the test hypothesis focused on the interest and perceived tension of our participating students with regard to the two teaching styles. Both the hands-on (I-1) and the conventional approach (I-2) were taught by the same teacher in order to exclude teacher effects. The only difference between I-1 and I-2 was the instructional type, while content and

time span were the same. Consequently, we were able to directly compare a conventional with a hands-on approach.

Two subscales of the Intrinsic Motivation Inventory (IMI) (Deci & Ryan, 1985, 1992) were applied for quantifying interest and tension. The German version of the questionnaire was taken from Schaal (2006). The Intrinsic Motivation Inventory, mainly designed for adults and adolescents, has been applied successfully to 6th and 9th graders in previous studies (Sturm & Bogner, 2008). It was administered directly after the hands-on and the conventional approach.

The BDIS-questionnaire exploring boredom in different instruction settings which we applied in our study was initially developed by Lohrmann (2008) for primary students and applied in order to assess students' emotions in conventional Maths and German classes. The response pattern followed a four-step differentiation from 'I totally disagree' to 'I totally agree'. Since we wanted to measure students' mental underload, mental overload and the amount of unused learning time during their usual science classes we applied three scales of this questionnaire (Table 1). In order to verify Lohrmann's (2008) questionnaire within the condition of a natural science instruction we analysed reliabilities and factor structures.

[Insert Table 1 about here]

Reliability analysis of the total BDIS-questionnaire showed a Cronbach's ≤ 0.92 . Cronbach's alpha for the mental underload scale was 0.92, for the mental overload scale 0.89 and for the unused time scale 0.77. MSA-, KMO-values, the screeplot and the explained total variance served as criteria for decision about the number of factors in the boredom-test battery. We used principle component analysis for extraction and Oblimin for rotation. Our results showed that a three component model explains 63.98 % of the total variance. The Kaiser-Meyer-Olkin value was 0.925. The Bartlett-test was significant $p < 0.001$, *Chi-square* = 2863.35 and $df = 120$. The MSA-values were consistently very high and always > 0.84 ,

Table 2

[Insert Table 2 about here]

The scree-test implied a three factor model, too. Similarly, the 3-dimensionality of the BDIS-battery was confirmed: the model-matrix showed consistently high factor loadings.

[Insert Table 3 about here]

Cluster analysis

We used the 16 items of the BDIS-questionnaire for clustering students based upon their feelings during the usual science classes. We extracted a four-cluster solution by an agglomerative hierarchical cluster analysis applying Ward's method (Norusis, 1993). For determining students' cluster membership, we used the K-Means cluster analysis procedure (Anderberg, 1973) specifying the cluster number as four. We validated this analysis by a cluster-wise cross-tabulation of the two methods and achieved a high level of agreement (coefficient of contingency $C = 0.90$ with $C_{max} = 0.87$, $n = 298$, $p > 0.001$). According to Bacher (1994), clusters are homogenous if the standard deviations of each variable within each cluster are lower than the corresponding values in the sample as a whole. Cluster homogeneity was best in the four cluster model, Table 4.

[Insert Table 4 about here]

Results

Cluster analysis

We were able to characterise the four cluster types by plotting the means of the three subscales of the BDIS-battery for each of the four cluster types, Figure 1.

[Insert Figure 1 about here]

We identified and labelled four clusters with regard to students' emotions reported during their ordinary natural science lessons: (1) 'moderately challenged' students ($n = 120$), (2) 'optimally challenged' students ($n = 109$), (3) 'reluctant' ($n = 23$) and (4) 'bored' students ($n = 46$). Students of cluster 2 showed lowest values of mental underload and unused time and also exhibited few mental overload compared to the other cluster groups, Table 5. Therefore we called students of cluster 2 the 'optimally challenged'. Values of mental underload as well as of unused time were lowest in this cluster. Students belonging to cluster 1 were called the "moderately challenged" because they showed the same proportion of the three emotional scales as those "optimally challenged" but showed generally higher values of underload, overload and unused time than cluster 2. Cluster 3 labelled as "reluctant" students showed high values of underload and unused time but also highest values of mental overload compared to the other cluster types, Table 5. Students of cluster 4 were called "bored"

because they showed the same low level of mental overload as the “optimally challenged” students but exhibited similar high levels of mental underload and unused time as students of cluster 3 at the same time, Table 5.

[Insert Table 5 about here]

A cluster-wise cross-tabulation and one-way ANOVA revealed neither gender effects (coefficient of contingency $C = 0.09$, $n = 298$, $p > 0.491$) nor age effects ($F = 0.793$, $df = 3$, $p = 0.498$) with respect to the particular cluster types.

Interest and tension of student types during the hands-on and conventional approach

We examined students’ interest in the two different teaching styles with respect to their cluster membership. Generally, interest in both the conventional and the hands-on approach was very high in all clusters, Table 6. Interest and tension did not differ between the two modes of teaching within each cluster type (t-Tests, $p > 0.05$ in each case). One-way analysis of variance revealed that cluster types differed significantly with respect to interest-values within the conventional approach ($F = 3.152$, $df = 3$, $p = 0.030$). Post-hoc tests showed that interest in the conventional teaching mode was significantly higher in cluster 2 than in cluster 1 (Tukey-test, $p = 0.046$). Cluster 2 showed highest interest values in the conventional instruction compared to the other clusters; the “reluctant” students showed lowest interest values, Table 6. The same was true for interest values in hands-on instruction.

[Insert Table 6 about here]

Interest in the hands-on approach also differed between the cluster types (one-way ANOVA; $F = 4.779$, $df = 3$, $p = 0.005$). We measured differences in interest comparing cluster 2 and cluster 3 (Tukey-test, $p = 0.015$) as well as comparing cluster 2 with cluster 4 (Tukey-test, $p = 0.030$).

Tension values differed also in the conventional instruction between cluster types (one-way ANOVA; $F = 3.784$, $df = 3$, $p = 0.014$). Cluster 3 showed highest values of tension and differed from all other cluster types significantly (cluster 3 / cluster 1: Tukey-test, $p = 0.030$; cluster 3 / cluster 2: Tukey-test, $p = 0.009$; cluster 3 / cluster 4: Tukey-test, $p = 0.024$). Cluster 2 felt showed lowest tension values in the conventional approach, Table 6.

A significant difference in tension values was also found within the hands-on approach between different cluster types (one-way ANOVA; $F = 3.652$, $df = 3$, $p = 0.017$). Post-hoc tests revealed a significant difference in perceived tension comparing cluster 2 with cluster 3 (Tukey-test, $p = 0.012$).

Discussion

The main purpose of the present study was whether there exist different student types based on the data we gathered by applying the BDIS-questionnaire of Lohrmann (2008) and whether student types show different level of interest and perception of tension in two different educational settings. We hypothesised that students who are bored in regular natural science instruction would show higher interest scores in an altered, more student-centred instruction type compared to a conventional approach. We also expected students who can not follow regular science instruction should show a lower level of perceived tension in a hands-on approach.

The main findings of our study are that there exist four student types in natural science classes who could be identified by cluster analysis. Thus students can be describes as “optimally challenged”, “moderately challenged”, “reluctant” or “bored”. Our hypotheses regarding a modified perception of tension and interest of the reluctant and bored students in hands-on instruction could not be confirmed.

Confirmation of the factor structure of the Boredom in Different Instruction Settings-Questionnaire (BDIS)

Since the original battery of the BDIS-questionnaire by Lohrmann (2008) was not tested with our examined age group of 5th graders and in our target subject, we performed factor analysis. The picture that emerged can be summarised as follows: The BDIS-battery completely matched the hypothesized (already existing) structure confirming all previous findings and supporting the validity and reliability of the entire battery. Evidence was sufficient to support Lohrmann’s study which was based on a large diverse sample size in Maths and German classes of primary schools (Lohrmann, 2008). Altogether we reached our specific aim of verifying the BDIS-structure. None of the BDIS-items loaded differently from the factor pattern hypothesised. Our factor structure, however, shows promise for use with the age group of 5th graders in natural science classes. Our results reject the hypothesis by Robinson (1975)

and Hill & Perkins (1985) who assumed that children until the age of 10 years can not distinguish between boredom and other negative emotions such as anxiety and anger.

Characterisation of cluster types

We focused in our study on the categorisation of students types according to their emotions during regular natural science classes. Our category system extracted four specific student types: “optimally challenged”, “moderately challenged”, “reluctant” and “bored”. Results show that there was neither a gender nor an age effect with respect to the particular clusters. Students who belong to the optimally challenged type showed the lowest level of mental overload and unused time and also a very low level of mental overload. Over one third of our students could be associated with this group. 40 % of our students are at least “moderately challenged”. They showed slightly higher values of overload, unused time and underload than the “optimally challenged” students. So we can say that 77 % of our students were well or very well challenged in their regular natural science classes. But 23 % of our sample group is either bored during their natural science instruction or is even unable to understand the subject. Nearly 8 % of our students showed very high values of mental overload and simultaneously a high level of unused time. We assume that students reported to so much unused time because they are overloaded and consequently stop following the lesson and start daydreaming, for example. Thus, it is possible to be both mentally unchallenged and overloaded at the same time. Our results showed that students belonging to cluster 4 have the same level of unused time as our “reluctant” students. In contrast to cluster type 3 this high level of unused time occurs not due to a high level of overload but rather to the fact that those students are unchallenged. In summary, 77 % of the students seemed to be pleased with the regular natural science class, nearly every fourth student is not satisfied with instruction.

Influence of the teaching style on interest and perceived tension of different student types

Another objective of our study was to examine whether an altered teaching style shows different effects on interest and tension on the student types. So we employed both hands-on

instruction and conventional instruction in our study. We hypothesised that those students who are bored in regular science classes or those who can not follow instruction would be more interested in hands-on instruction. A more student-centred instruction should also provoke lower levels of tension for the student types mentioned above. The use of the two scales of the Intrinsic Motivation Inventory produced the following results: Contrary to our hypothesis the bored and reluctant students showed lower interest in the hands-on instruction method than the optimally and moderately challenged students. This is an unexpected result because many studies have reported that student-centred, hands-on instruction increases interest (in all student types) because those approaches seem to enhance the feeling of competence and reduce the perception of tension since students are enabled to gain their knowledge on their own (Deci & Ryan, 1990). This should be especially relevant for those student groups not so interested in regular instruction. On the contrary, the “reluctant” students perceived more tension during hands-on instruction than the “optimally challenged” ones. On the other hand, all student types showed overall high values of interest. The content “water” seems to be a popular topic among all students of this age group. Therefore the content could not be the explanation why the “bored” and “reluctant” students were not more interested than those students already challenged by instruction. We assume that higher tension and lower interest values of the “reluctant” students are due to cognitive overload. Cognitive load may emerge when students are confronted with different tasks, which are totally new to them (Scharfenberg, Bogner & Klautke, 2007; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Compared to the conventional approach, students of the hands-on instruction were faced with a lot of new instruments and had to fulfil their tasks in team work which also could increase cognitive load.

Conclusions and Implications

The BDIS-battery originally developed by Lohrmann (2008) for assessing trait-boredom in different instruction settings in Maths and German classes could be confirmed in this study

and thus can be applied also in Natural Science. Cluster analysis revealed that 23 % of our sample of North Bavarian 5th graders are bored in instruction or declare that they can not follow the instruction. Our hypothesis to reach especially those student types by introducing a new instructional method and so enhance their feeling of interest and diminish the level of tension of the reluctant students could not be confirmed. Our results indicate that the specific hands-on instruction method *per se* that we implemented in our study is not sufficient to increase their interest in natural science instruction. Perhaps it takes time to increase the interest of those students in instruction and only a permanent alteration of instruction would provoke those feelings. But data clearly show that there is a need for action to improve instruction in Bavarian natural science classes.

Acknowledgements

This study was supported by the University of Bayreuth. We are extremely grateful to all the students and teachers who participated in this study.

References

- Anderberg, M. R. (1973). *Cluster analysis for applications*. New York: Academic Press.
- Bacher, J. (1994). *Clusteranalyse. Anwendungsorientierte Einführung [Cluster analysis. Application-oriented introduction]*. München, Germany: R. Oldenbourg.
- Breidenstein, G. (2007). The meaning of boredom in school lessons. Participant observation in the seventh and eighth form. *Ethnography and Education*, 2, 93-108.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1990). *Intrinsic motivation and self determination in human behaviour*. New York: Plenum Press.

- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1992). The initiation and regulation of intrinsically motivated learning and achievement. In A. K. B. T. S. Pittman (ed.), *Achievement and motivation: A social-developmental perspective*. New York: Cambridge University Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well being. *American Psychologist*, 55, 68-78.
- Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G. & Ryan, R. M. (1991). Motivation and Education: the self-determination perspective. *Educational Psychologist*, 26, 325-346.
- Dewey, J. (1913). *Interest and effort in Education*. Boston: Riverside Press.
- Feldhusen, J. F. & Kroll, M. D. (1991). Boredom or challenge for the academically talented in school. *Gifted Education International*, 7, 80-81.
- Flick, L. B. (1993). The meaning of hands-on science. *Journal of Science Teacher Education*, 4, 1-8.
- Gallagher, J., Harradine, C. C. & Coleman, M. R. (1997). Challenge or boredom? Gifted students' view on their schooling. *Roeper Review*, 19, 132-136.
- Gerstner, S. & Bogner, F. X. (in press). Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centred science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*.
- Gläser-Zikuda, M. & Mayring, P. (2003). A qualitative oriented approach to learning emotions at school. In Mayring M. & von Rhoebeck C. (ed.). *Learning emotions. The influence of affective factors on classroom learning*. Frankfurt am Main, Germany: Lang.
- Goldberg, M. D. & Cornell, D. G. (1998). The influence of intrinsic motivation and self-concept on academic achievement in second- and third-grade students. *Journal of Education of the Gifted*, 21, 179-205.

- Gottfried, A. E. (1985). Academic Intrinsic Motivation in Elementary and Junior High School Students. *Journal of Educational Psychology*, 77, 631-645.
- Hill, A. B. & Perkins, R. E. (1985). Towards a model of boredom. *British Journal of Psychology*, 76, 235-240.
- Kanevsky, L. & Keighley, T. (2003). To produce or not to produce? Understanding boredom and the honor in underachievement. *Roeper Review*, 26, 20-28.
- Lohrmann, K. (2008). *Langeweile im Unterricht. Eine empirische Studie zu Struktur, Vorkommen und Coping [Boredom in Instruction. An empirical study about structure, appearance and coping]*. Muenster, Germany: Waxmann.
- Lord, T. R. (2001). 101 reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63, 30-38.
- Mikulas, W. & Vodanovich, S. J. (1993). The essence of boredom. *The psychological Record*, 43, 3-12.
- Norusis, M. J. (1993). *SPSS for Windows professional statistics release 6.0*. Chicago: SPSS Inc.
- Pekrun, R. (1998). Schüleremotionen und ihre Förderung: Ein blinder Fleck der Unterrichtsforschung [Student emotions and their promotion: A blind spot in educational research]. *Psychologie in Erziehung und Unterricht [Psychology in education and instruction]*, 45, 230-248.
- Pekrun, R. (2000). A social-cognitive, control-value theory of achievement emotions. In Heckhausen, J. (ed.). *Motivational psychology of human development*. Oxford: Elsevier.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37, 91-105.

- Robinson, W. P. (1975). Boredom at school. *British Journal of Educational Psychology*, 45, 141-152.
- Schaal, S. (2006). *Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien* [Discipline integrated learning with digital media]. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Scharfenberg, F.-J.; Bogner, F. X. & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35, 28-39.
- Schutz, D. H. & DeCuir, J. T. (2002). Inquiry on emotions in education. *Educational Psychologist*, 37, 125-134.
- Shaw, S. M., Caldwell, L. L. & Kleiber, D. A. (1996). Boredom, stress and social control in the daily activities of adolescents. *Journal of Leisure Research*, 28, 274-292.
- Sturm, H. & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus teacher-centred: the effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30, 941-959.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Ulich, D. & Mayring, P. (1992). *Psychologie der Emotionen* [Psychology of emotions]. Stuttgart, Germany: Kohlhammer.
- Vodanovich, S. J. (2003). Psychometric measures of boredom: a review of the literature. *The Journal of Psychology*, 137, 569-595.
- Vodanovich, S. J., Wallace, J. C. & Kass, S. J. (2005). A confirmatory approach to the factor structure of the boredom proneness scale: evidence for a two-factor short form. *Journal of Personality Assessment*, 85, 295-303.

Table 1. Item assembly of the BDIS-questionnaire and the three subscales, mental underload, mental overload and unused time

	Item description	Scales
Item 3	I'm bored in natural science class if our teacher explains new homework although I have already understood it.	
Item 4	I'm bored in natural science class if we deal with something of whom I already know how it works.	
Item 5	I'm bored in natural science class if our teacher explains something that I have already understood.	
Item 6	I'm bored in natural science class if our teacher explains something that we have already done.	Mental underload
Item 7	I'm bored in natural science class if we exercise something that is easy for me.	
Item 8	I'm bored in natural science class if we repeat something that we have already dealt with.	
Item 10	I'm bored in natural science class if we deal with something that we have already done.	
Item 16	I'm bored in natural science class if we deal with something that I already know or can.	
Item 11	I'm bored in natural science class if we exercise something that is too difficult for me.	Mental overload
Item 12	I'm bored in natural science class if we exercise with something that I don't understand.	
Item 13	I'm bored in natural science class if we deal with something that is too difficult for me.	

Item 14	I'm bored in natural science class if our teacher explains something that I still don't understand.	
Item 1	I'm bored in natural science class if I finish something faster than others.	
Item 2	I'm bored in natural science class if I finish a test faster than others.	
Item 9	I'm bored in natural science class if I can answer a question while the other children still think about it.	unused time
Item 15	I'm bored in natural science class if I finish a task faster than the other children and I have to wait for them.	

Table 2. MSA-values of single items of the BDIS-battery.

Item	MSA-value	Item	MSA-value
Item 3	0.948	Item 11	0.860
Item 4	0.946	Item 12	0.886
Item 5	0.942	Item 13	0.844
Item 6	0.936	Item 14	0.914
Item 7	0.951	Item 1	0.922
Item 8	0.963	Item 2	0.917
Item 10	0.922	Item 9	0.969
Item 16	0.947	Item 15	0.908

Table 3. Model matrix of the three components for the three scales of the BDIS-questionnaire
– mental underload, mental overload and unused time. Only values > 0.5 are listed below.

	Mental underload	Mental overload	Unused time
	Component 1	Component 2	Component 3
Item 3	0.704		
Item 4	0.710		
Item 5	0.776		
Item 6	0.904		
Item 7	0.523		
Item 8	0.680		
Item 10	0.889		
Item 16	0.580		
Item 11		0.862	
Item 12		0.832	
Item 13		0.906	
Item 14		0.784	
Item 1			0.739
Item 2			0.819
Item 9			0.523
Item 15			0.801
Intrinsic values	7.1	2.1	1.0

Extraction method: principal component analysis

Rotation method: Oblimin with Kaiser normalization.

Table 4. Analysis of cluster homogeneity by comparison of the standard deviation of each variable within the clusters with the values in the sample as a whole¹

	All	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Category	(n = 298)	(n = 120)	(n = 109)	(n = 23)	(n = 46)
Item 1	0.91	0.68	0.55	0.99¹	0.93¹
Item 2	0.94	0.72	0.58	0.98¹	1.17¹
Item 3	1.00	0.71	0.58	0.78	0.98
Item 4	0.98	0.70	0.44	0.85	0.71
Item 5	1.00	0.67	0.56	0.72	0.74
Item 6	0.96	0.71	0.60	0.85	0.67
Item 7	0.89	0.66	0.44	0.86	0.98¹
Item 8	0.96	0.70	0.46	0.85	1.05¹
Item 9	1.00	0.75	0.67	0.90	1.18¹
Item 10	0.97	0.72	0.55	0.90	0.91
Item 11	0.73	0.68	0.26	1.13¹	0.31
Item 12	0.79	0.70	0.36	0.98¹	0.67
Item 13	0.77	0.72	0.21	0.93¹	0.42
Item 14	0.82	0.71	0.42	0.83¹	0.67
Item 15	1.00	0.77	0.62	1.11¹	1.12¹
Item 16	1.01	0.76	0.51	0.88	0.74

Note: ¹Only 13 of 64 (bold) within-cluster values showed a higher level as the corresponding values in the sample as a whole.

Table 5. Cluster-specific analysis of variance (ANOVA) of the three BDIS-scales (mental underload, mental overload, unused time)

		Cluster	1	2	3	4
Mental underload	$F = 121.40$	1	-	***	***	***
	$df = 3$	2	***	-	***	***
	$p < 0.001$	3	***	***	-	n. s.
		4	***	***	n. s.	-
		1	-	***	***	***
Mental overload	$F = 379.00$	2	***	-	***	n. s.
	$df = 3$	3	***	***	-	***
	$p < 0.001$	4	***	n. s.	***	-
		1	-	***	***	***
Unused time	$F = 126.29$	2	***	-	***	***
	$df = 3$	3	***	***	-	n. s.
	$p < 0.001$	4	***	***	n. s.	-

Note: We ensured that the residuals of all parametric tests approximated to a normal distribution (by checking normal probability plots and by the Shapiro-Wilk test). Homogeneity of variance was not given (Levene tests: $p < 0.05$ in each case), so we applied Games-Howell as post hoc test.

Table 6. Interest- and tension-values of the four cluster types according to preceding modes of teaching.

	Mode of teaching	Cluster types							
		Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Interest-values	Hands-on	3.80	± 0.49	4.11	\pm	3.08	\pm	3.42	\pm
					0.64		0.77		1.05
	Conventional	3.74	± 0.73	4.26	\pm	3.68	\pm	3.72	\pm
					0.52		0.92		0.86
Tension-values	Hands-on	1,95	± 0.59	1,61	\pm	2,64	\pm	1,93	\pm
					0.60		0.68		0.93
	Conventional	1.60	± 0.47	1.50	\pm	2.13	\pm	1.54	\pm
					0.52		0.48		0.37

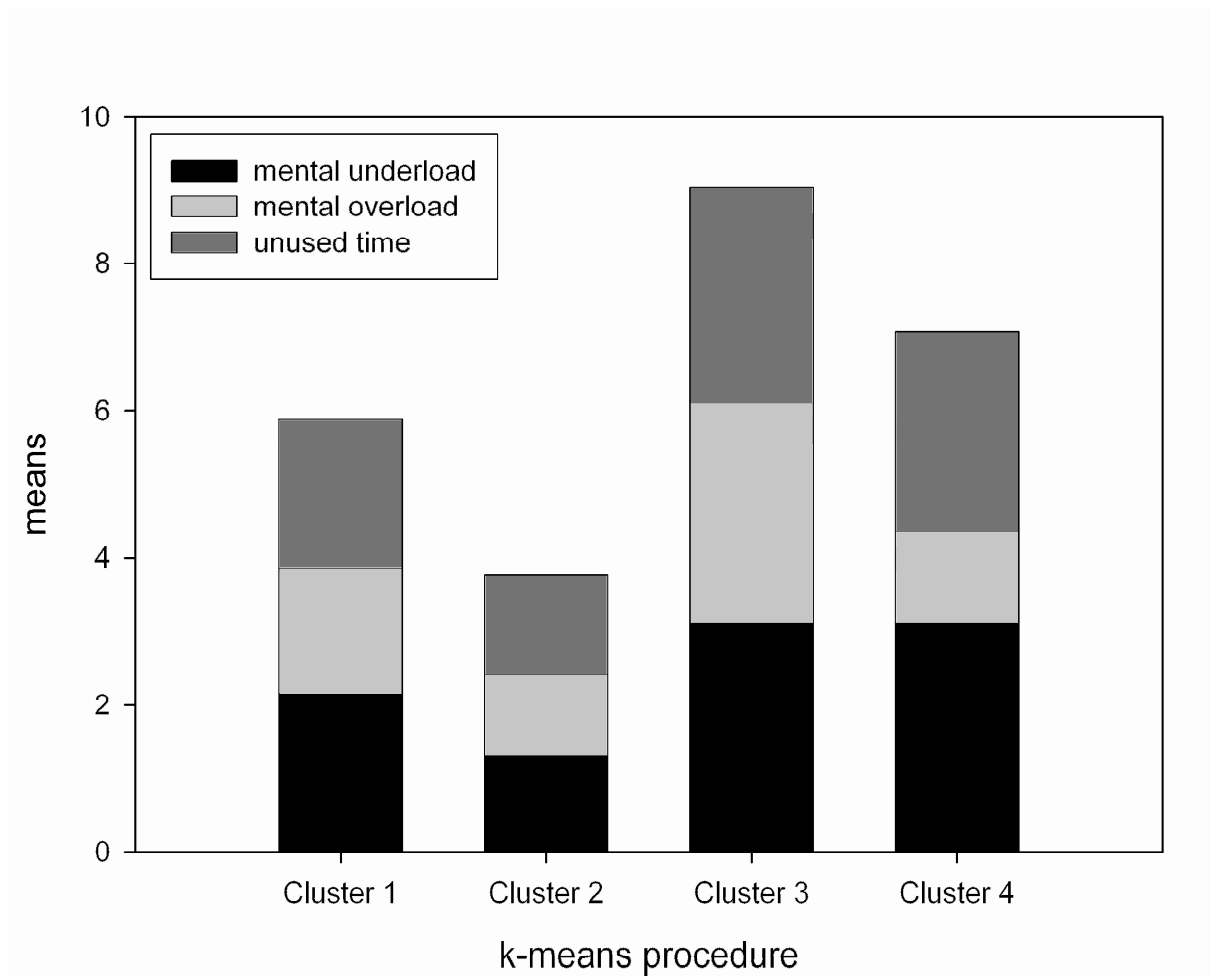


Figure 1. Characterisation of cluster types according to means of the three subscales of the BDIS- battery.

8 Anhang

8.1 Die Lernstationen zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“

Station 1: Was kreucht und fleucht am Teich? (Zusatzstation)

Teilziele 1:

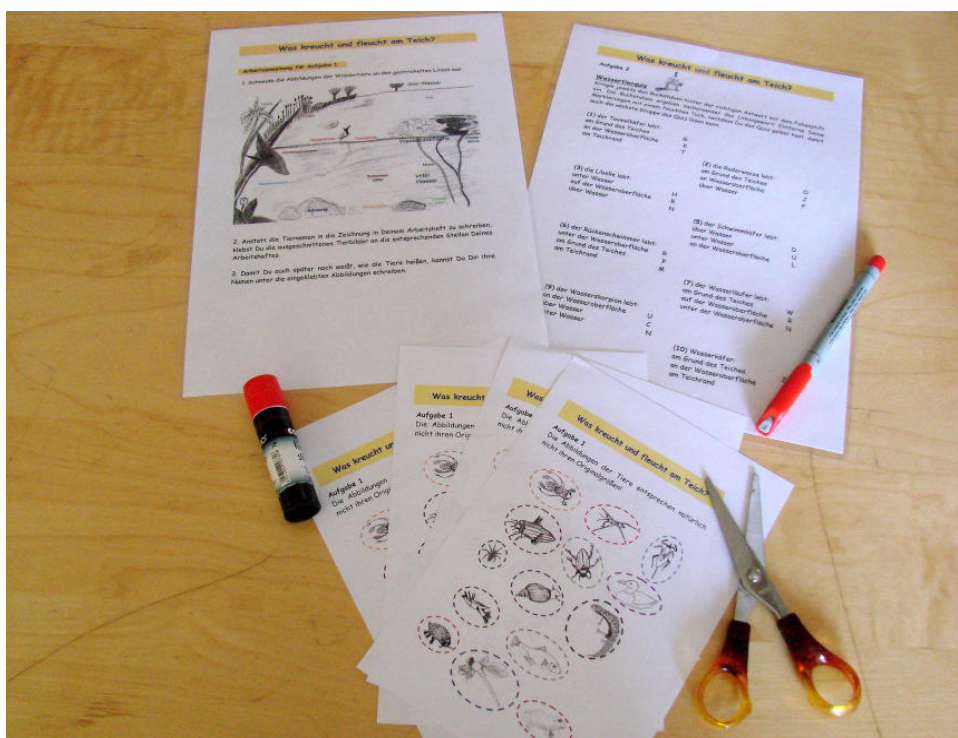
Teilziel 1.1: Die Schüler sollen Tierbilder aus dem Bastelbogen „Was kreucht und fleucht am Teich“ in Partnerarbeit ausschneiden und mit Hilfe der ausliegenden Teichzeichnung verschiedenen Tieren ihren jeweiligen Lebensraum am Teich zuordnen können.

Teilziel 1.2: Die Schüler sollen in Partnerarbeit das Wassertierquiz bearbeiten und durch dessen Lösung wissen, was unter dem Konkurrenzbegriff zu verstehen ist.

Die Idee für diese Station stammte aus der Zeitschrift Unterricht Biologie (Heft 216, 1996). Die unter dem Beitrag „Leben am Mühlenteich“ von Edelgard Moers vorgestellte Bastelanleitung zur Erstellung eines Teiches und seiner Bewohner wurde in der vorliegenden Station modifiziert und somit einer höheren Altersstufe angepasst.

Materialien:

- Arbeitsanweisung (laminieren)
- Wassertierquiz (laminieren)
- Tierbilder zum Ausschneiden in 2facher Ausführung pro Gruppe
- wasserlösliche Folienstifte, zum ausfüllen des Quiz
- Schere



Station 1: „Was kreucht und fleucht am Teich“

Station 2: Das Geheimnis des Wasserläufers

Teilziele 2:

Teilziel 2.1: Die Schüler sollen in Partnerarbeit anhand des Büroklammerversuchs wissen, dass die Oberflächenspannung des Wassers existiert.

Teilziel 2.2: Schüler sollen anhand des Informationstextes in Partnerarbeit wissen, dass sich der Wasserläufer auf der Oberfläche des Wasser bewegen kann, weil er die Oberflächenspannung des Wassers ausnutzen kann, da er sehr leicht ist und sich zwischen seinen Fußhärchen kleine Luftkammern.

Teilziel 2.3: Schüler sollen Einblick in Partnerarbeit Einblick in die Wasser abweisende Wirkung von Fetten erhalten durch das Einfetten des gebastelten Wasserläufers und Beobachtung seines Verhaltens auf dem Wasser.

- Arbeitsanweisung für Aufgabe 2-1 (laminieren)
- Büroklammern
- 2 Schälchen oder 2 kleine Plasticaquarien
- Pinzette

- Arbeitsanweisung für Aufgabe 2-2 (laminieren)
- Wasserläufermodell, gedruckt auf Löschpapier, 2 pro Gruppe
- Pinsel
- Vaseline
- 2 Schälchen oder 2 kleine Plasticaquarien aus Aufgabe 2-1



Station 2: „Das Geheimnis des Wasserläufers“

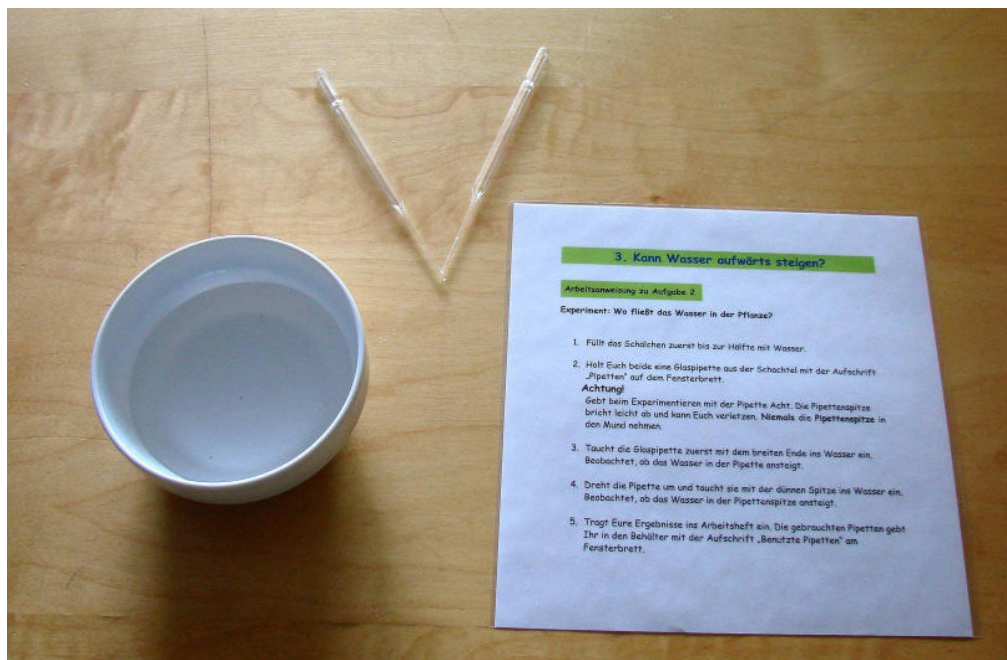
Station 3: Kann Wasser aufwärts fließen?

Teilziele 3:

Teilziel 3.1: Die Schüler sollen in Partnerarbeit anhand des Versuchs zur Kapillarität wissen, dass Wasser in engen Röhren entgegen der Schwerkraft aufsteigen kann.

Teilziel 3.2: Die Schüler sollen in Partnerarbeit anhand des Informationstextes wissen, dass die Pflanze dünne Kapillaren in ihrem Inneren besitzt durch die das Wasser entgegen der Schwerkraft steigt.

- Arbeitsanweisung (laminieren)
- 1 Schälchen
- Pipetten, 2 pro Gruppe
- Behälter für benutzte Pipetten
- Tinte zum Färben des Wassers



Station 3: „Kann Wasser aufwärts fließen?“

Station 4: Coole Pflanzen

Teilziele 4:

Teilziel 4.1: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Kobaltchloridpapierversuchs wissen, dass Pflanzen Wasser verlieren.

Teilziel 4.2: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Informationstextes „Coole Pflanzen“ wissen, dass Pflanzen Wasser in Form von Wasserdampf durch ihre Schließzellen verlieren.

Teilziel 4.3: Die Schüler sollen in Gruppenarbeit mit Hilfe des Informationstextes „Coole Pflanzen“ wissen, dass Kobaltchloridpapier Wasser nachweisen kann und sich, wenn Wasser vorhanden ist, von blau nach rosa verfärbt.

Teilziel 4.4. Die Schüler sollen in Gruppenarbeit mit Hilfe des Luftballonmodells Einblick, in die Funktion der Schließzellen erhalten.

Teilziel 4.5: Schüler sollen in Gruppenarbeit anhand des Kobaltchloridpapierversuchs die Unterseite der Pflanzenblätter als Sitz der Schließzellen ausmachen können, da sich dort das Papier rosa verfärbt.

- Arbeitsanweisung (laminieren)
- Informationstext „Coole Pflanzen“ (laminieren)
- Kobaltchloridpapier: 10%ige Kobaltchloridlösung herstellen. Übergießen Sie einen Stapel Filterpapier (rund) mit der Kobaltchloridlösung. Über Nacht einziehen lassen. Anschließend Papiere im Brutschrank bei 50 °C eine Nacht trocknen lassen. Eine Alternative zum Brutschrank bietet der Exsikkator. Allerdings müssen Sie mit einer verlängerten Trockenzeit rechnen. Der Vorteil von Kobaltpapier: Die Reaktion ist reversibel. Nach erneutem Trocknen wird es wieder blau und man kann es immer wieder verwenden. Pro Gruppe werden 2 Kobaltpapiere benötigt. Bewahren Sie diese luftdicht in kleinem Plastikbehälter auf.
- Duftgeranie oder Bohne; 1 Blatt pro Gruppe
- Pinzette
- luftdichte Plastikdosen für Kobaltpapiere bzw. für benutzte Kobaltpapiere
- 2 Glasplatten (ungefähr 20 x 20 cm)
- 1 Weckgummi
- Eieruhr
- Modellierluftballons als Schließzellenmodell: 2 aufgeblasene bzw. 2 unaufgeblasene Luftballons an den Enden zusammenbinden.



Station 4: „Coole Pflanzen“

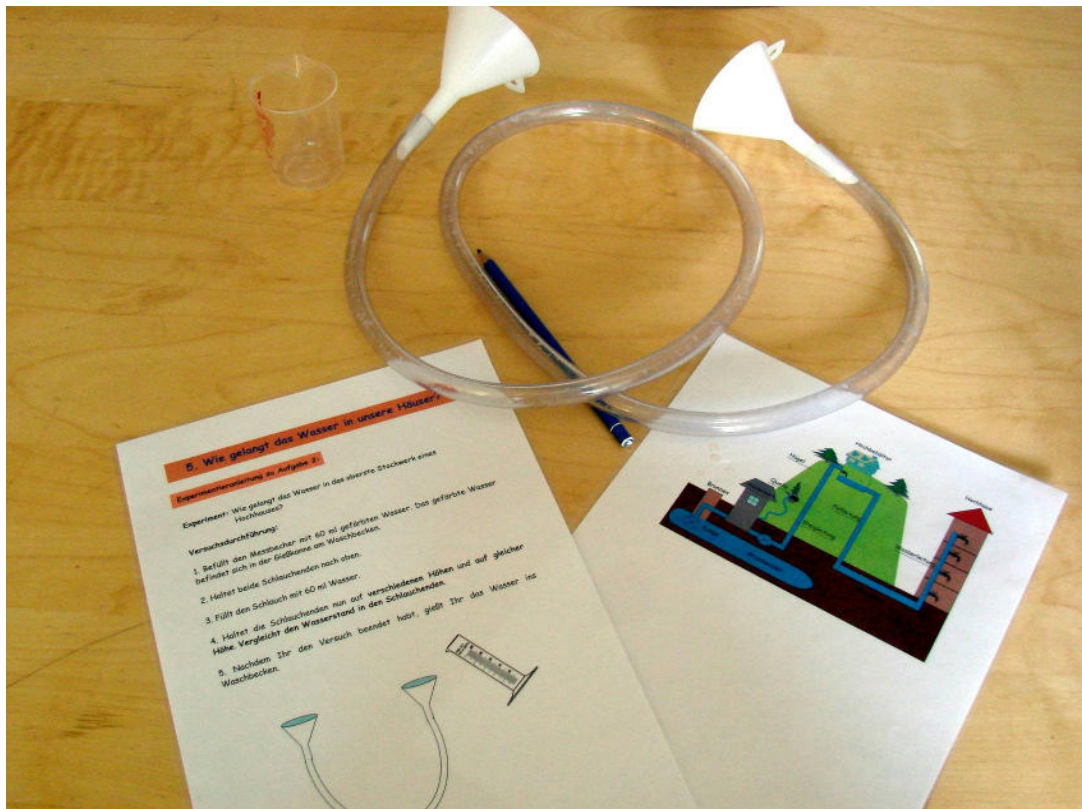
Station 5: Wie gelangt das Wasser in unsere Häuser?

Teilziele 5:

Feinziel 5.1: Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe der Abbildung des Wasserleitsystems die Stationen, die das Leitungswasser vom Grundwasser bis zu Ihnen nach Hause durchläuft, benennen können.

Feinziel 5. 2.: Schüler sollen in Partnerarbeit einen Einblick in das Prinzip der kommunizierenden Röhren erhalten anhand des Schlauchversuchs.

- Arbeitsanweisung (laminieren)
- Abbildung „Wasserleitsystem“ (laminieren)
- Schlauch 120 cm lang
- 2 Trichter
- Plastikmessbecher
- Lebensmittelfarbe
- Gießkanne
- Tinte zum Einfärben des Wassers
- Blaue Buntstifte



Station 5: „Wie gelangt das Wasser in unsere Häuser?“

Station 6: Wasserkreislauf

Teilziele 6:

Teilziel 6.1: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Computerprogramms der „Wasserkreislauf“ Einblick in den Wasserkreislauf erhalten.

Teilziel 6.2: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Computerprogramms der „Wasserkreislauf“ wissen, dass Wasser in drei Aggregatzuständen vorkommt.

Teilziel 6.3: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Computerprogramms der „Wasserkreislauf“ verschiedenen Erscheinungsformen des Wasser ihre Aggregatzustände zuordnen können.

- Laptop oder Computer
- Mouse
- Wasserkreislaufprogramm



Station 6: „Wasserkreislauf“

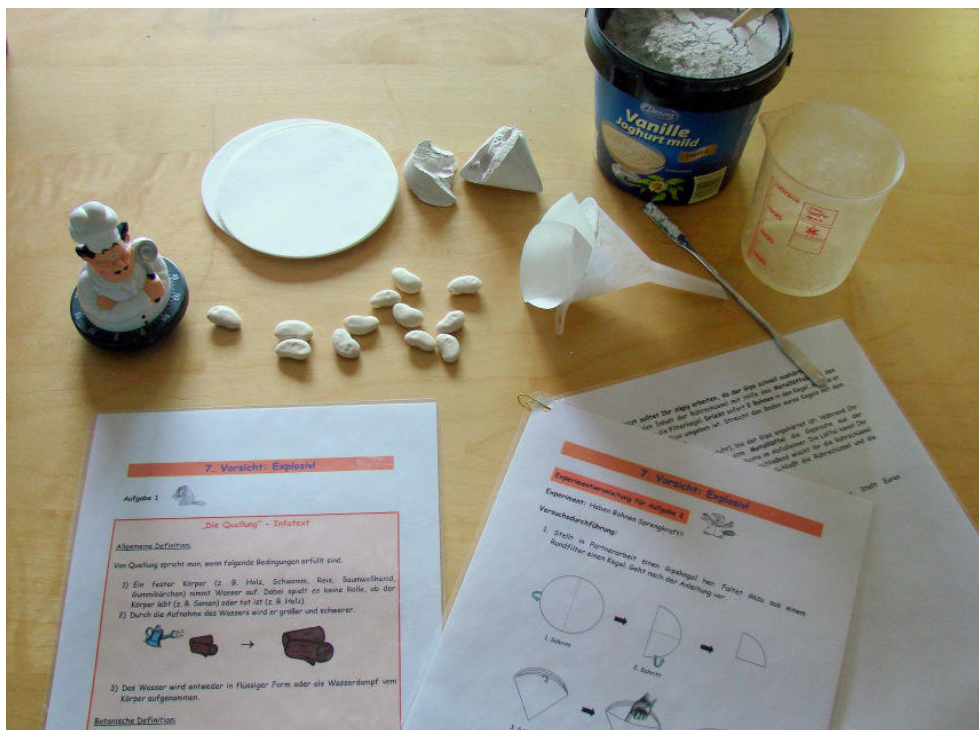
Station 7: Vorsicht: Explosiv! (Zusatzstation)

Teilziele 7:

Teilziel 7.1: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Gipskegel-Bohnen-Versuchs Einblick in das Prinzip der Quellung erhalten.

Teilziel 7.2: Die Schüler sollen in Partnerarbeit mit Hilfe des Gipskegel-Bohnen-Versuchs und durch Ausfüllen des Lückentextes einen Einblick wissen, welchen Nutzen Wasser für uns Menschen hat.

- Arbeitsanweisung (laminieren)
- Informationstext zur „Quellung“ (laminieren)
- Spatel, Plastiklöffel, Metalllöffel
- Gips, Behälter für Gips
- Getrocknete Bohnen, mindestens 2 pro Gruppe; Behälter für Bohnen
- Rührschüssel (1l)
- Messbecher
- Eieruhr
- Trichter
- Plastikbecher
- Rundes Filterpapier (125 mm im Durchmesser), 1 pro Gruppe
- Petrischalen oder Topfuntersetzer, 2 pro Gruppe
- Folienstift



Station 7: „Vorsicht: Explosiv!“

Zusatzstation: Streichholztanz

Teilziele der Zusatzstation:

Die Schüler sollen in Partnerarbeit anhand der Durchführung des Zaubertricks und durch Lesen des Informationstextes wissen, dass die Oberflächenspannung des Wassers durch den Einsatz von Tensiden verringert wird.

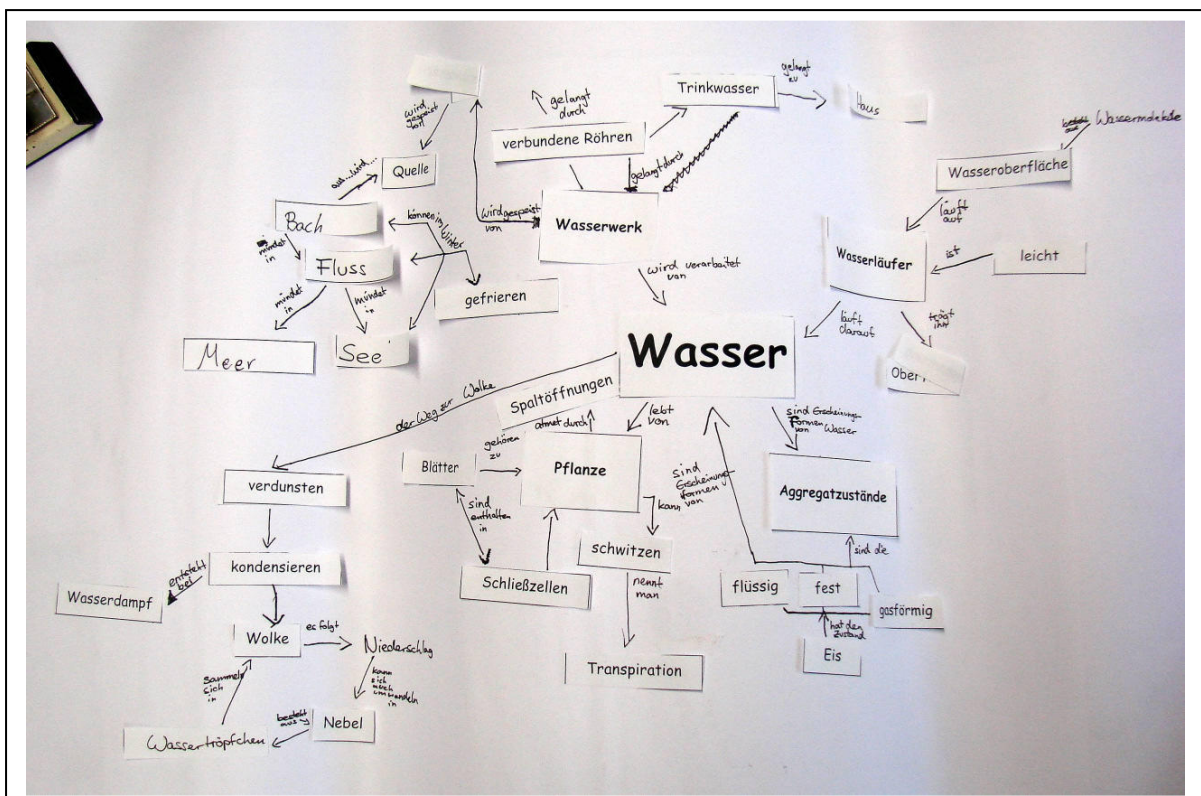
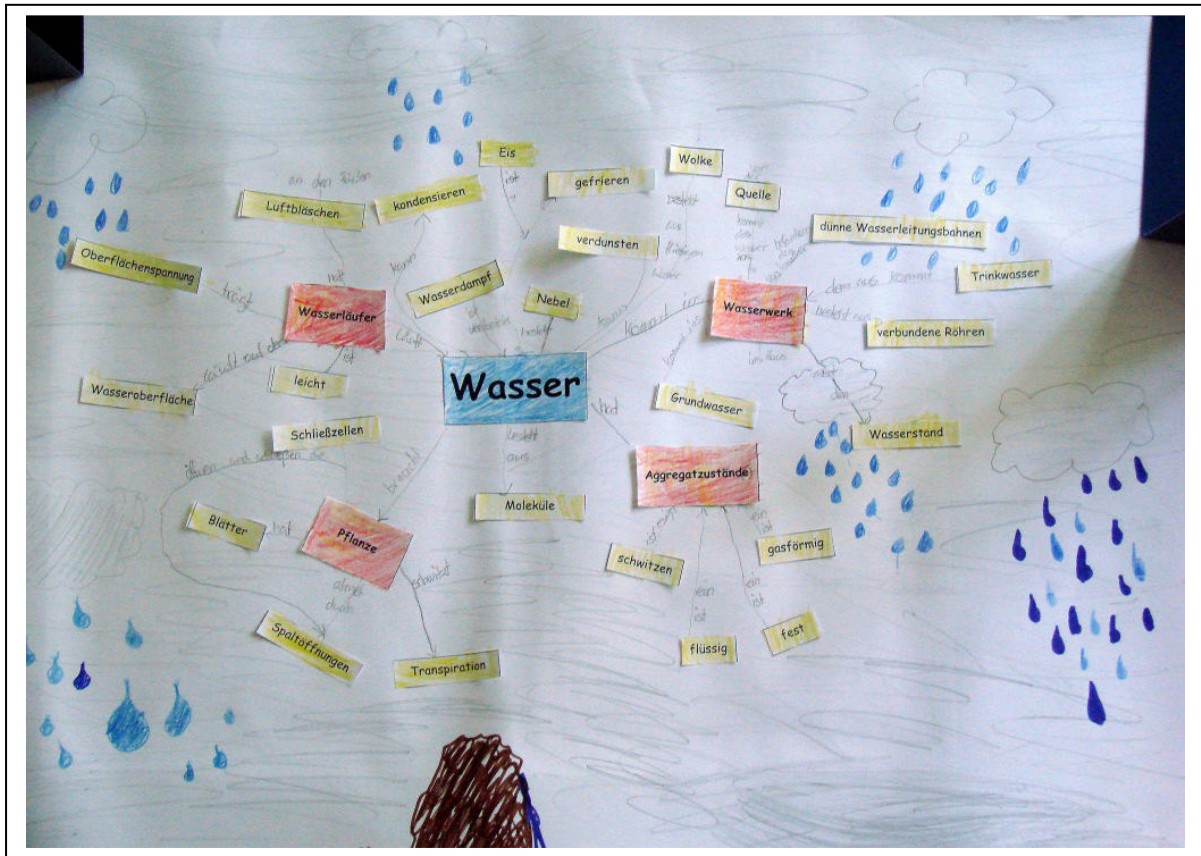
- Anleitung (laminieren)
- Papierbögen (DinA4), 1 pro Schüler
- Flüssigkleber
- Seife in Stückchen geschnitten
- Streichhölzer
- Schälchen



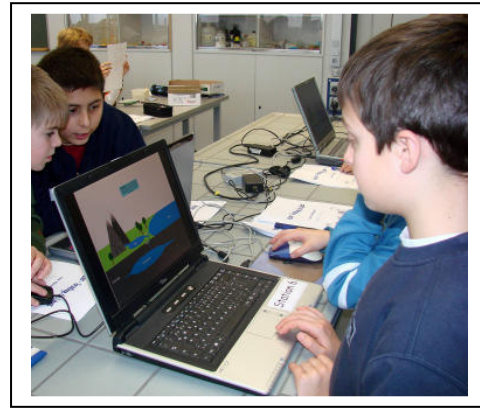
Zusatzstation: „Streichholztanz“

8.2 Bilder der Interventionseinheit

Concept Maps (ausgewählte Beispiele)



Lernen an Stationen (Schüler beim Experimentieren)



8.3 Arbeitsheft zu den Lernstationen

Wasser - Grundlage des Lebens

Diese Arbeitsmappe gehört:



Einführung:

Dieses Heft wird Dich in den nächsten beiden Unterrichtsstunden begleiten. Hier findest Du Aufgaben und spannende Experimente rund um das Thema „Wasser - Grundlage des Lebens“. Deine Ergebnisse kannst Du hier schriftlich aufzeichnen. Bearbeite die verschiedenen Themengebiete in Partnerarbeit.

Benno der Biber hilft Dir, Dich zurechtzufinden.



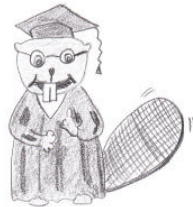
Lese



Notiere, Zeichne



Versuch



Erklärung



Quiz

- Du darfst die Reihentfolge, in der Du die verschiedenen Stationen bearbeitest, frei wählen. Es gibt 7 verschiedene Stationen. Die Arbeitsmaterialien und die Arbeitsanweisungen findest Du in den beschrifteten Kartons. Hol Dir diese nacheinander an Deinen Sitzplatz.
- Bearbeite eine Station vollständig, bevor Du eine neue beginnst. Nachdem Du eine Station bearbeitet hast, lege alles wieder ordentlich in den Karton zurück.
- Solltest Du nicht mehr weiter wissen, kannst Du in den Infoblättern „Benno weiß Rat!“ nachschlagen und Deine Ergebnisse vergleichen. Die Infoblätter liegen am Lehrerpult aus.
- Hake bereits erledigte Stationen auf dem Laufzettel ab. Den Laufzettel findest Du auf Seite 3 Deiner Arbeitsmappe. Kennzeichne die Stationen, die Du und Dein(e) Partner(in) mit und ohne Hilfe der Infoblätter „Benno weiß Rat!“ beantwortet habt.
- Wenn Du die Stationen 2 - 6 bearbeitet hast und noch genügend Zeit übrig ist, darfst Du mit Deinem Partner eine der drei Zusatzstationen bearbeiten.

Viel Spaß!

Laufzettel

	Wenn erledigt, abhaken!	mit Bennos Hilfe	ohne Bennos Hilfe	Wie hat Dir die Station gefallen? Vergib eine Note von 1 – 6!
Zusatzstation 1: Was kriecht und flucht?				
Station 2: Das Geheimnis des Wasserläufers				
Station 3: Kann Wasser aufwärts steigen?				
Station 4: Coole Pflanzen				
Station 5: Wie gelangt das Wasser in unsere Häuser?				
Station 6: Der Wasserkreislauf				
Zusatzstation 7: Vorsicht: Explosiv!				

Zusatzstation**1. Was kreucht und fleucht am Teich?**

Weißt Du, wo sich die verschiedenen Wassertiere am Teich aufhalten?

**Aufgabe 1**

Gestalte Deinen eigenen Teich!

Die Anleitung für Aufgabe 1 findest Du im Karton.



.... bitte umblättern



Aufgabe 2



Wassertierquiz

Nun hast Du einen Überblick erhalten, wo sich die Tiere am Teich aufhalten. Wasserläufer, Rückenschwimmer, Wasserskorpion und Schwimmkäfer sind Fleischfresser. Man nennt sie auch Räuber. Da sie in unterschiedlichen Bereichen des Teiches auf Beutefang gehen, fressen sie sich nicht gegenseitig die Nahrung weg.

Verschiedene Tierarten können so nebeneinander leben, ohne sich gegenseitig

— — — K — — — E — — zu machen.
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 (Lösungswort)

Weißt Du, welches Wort sich hier verbirgt? Das Wassertierquiz kann Dir helfen, den Satz zu vervollständigen. Das Quiz findest Du im Karton. Bearbeitet es in Partnerarbeit.

2. Das Geheimnis des Wasserläufers

Hast Du Dir schon mal überlegt, warum der Wasserläufer übers Wasser gehen kann, uns Menschen dies allerdings nicht gelingt? Kennt er eine Zauberformel, die uns unbekannt ist, oder lässt sich das Phänomen ganz einfach erklären?



Aufgabe 1

Experiment: Was haben Büroklammern und Wasserläufer gemeinsam?

Halte Dich an die Arbeitsanleitung, um dem Geheimnis des Wasserläufers auf die Spur zu kommen. Die Arbeitsanleitung für Aufgabe 1 findest Du im Karton.

Ergebnisse

Kreuze an!

- ☐ die Büroklammer taucht ins Wasser ein und geht unter. U
- ☐ die Büroklammer wird von der Wasseroberfläche getragen und deltt die Wasseroberfläche nur ein wenig ein. O

Wie kannst Du die Wasseroberfläche beschreiben?

- ☐ wie eine Haut. e
- ☐ durchlässig wie ein Sieb. f

Worin ähneln sich Büroklammern und Wasserläufer?

- ☐ beide wiegen sehr viel e
- ☐ beide sind leicht ä

.... bitte umblättern



Aufgabe 2**Experiment: Was geschieht, wenn Wasserläufer ihre Füße einfetten würden?**

Bastle Dir Deinen eigenen Wasserläufer. Die Anleitung für Aufgabe 2 findest Du im Karton.

Ergebnisse

Kreuze die richtige Antwort an.

Welcher Wasserläufer wird zuerst nass und sinkt ins Wasser ein?

der Wasserläufer mit eingefetteten Füßen ☐ **t**

der Wasserläufer ohne eingefettete Füße ☐ **h**

Welche Wirkung hat das Fett an den Füßen des Wasserläufers?

☐ Die Füße werden sofort nass. **o**

☐ Die Füße werden nicht so schnell nass. **a**

„Fett und Wasser sind mischbar!“ Stimmt das?

ja, Fett ist nicht Wasser abweisend ☐ **k**

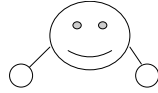
nein, Fett ist Wasser abweisend ☐ **n**

.... bitte umblättern

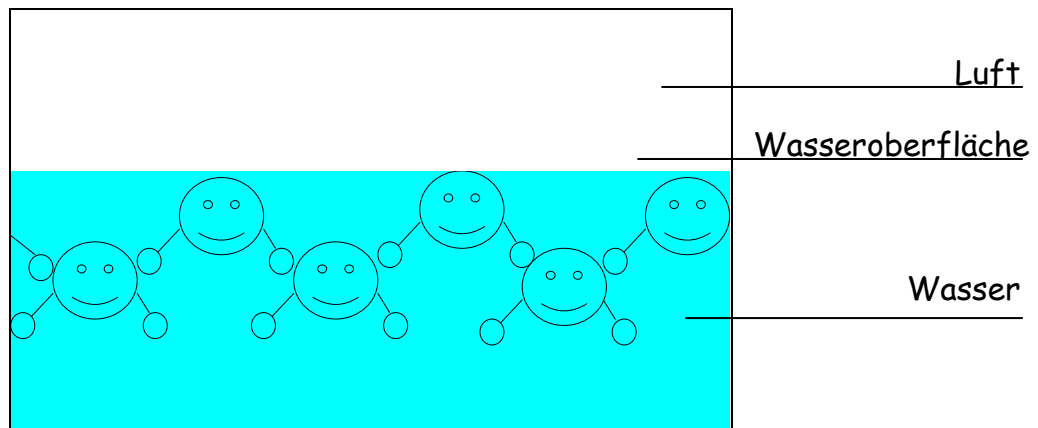


Aufgabe 3

Wasser besteht aus vielen kleinen Wasserteilchen, den **Wassermolekülen**. Sie haben etwa diese Form:



An der Wasseroberfläche halten diese Moleküle besonders fest zusammen. Sie bilden eine Art Haut aus.



Leichte Gegenstände können von der Wasseroberfläche getragen werden.

Die Kraft, die hierbei wirkt nennt man **b** **r** **f** **l** **-** **c** **-** **e** **n** **s** **p** **-** **n** **n** **u** **-** **g** .

Weißt Du schon, welches Wort sich hier verbirgt? Wenn nicht, setze die Buchstaben **der Reihe nach** in die freien Stellen ein, die hinter Deinen angekreuzten Antworten aus Aufgabe 1 und 2 stehen.



Hier sind die Wechstaben verbuchstelt! Hilf Benno, den Text zu korrigieren!

Es gibt **zwei** Gründe, weshalb der (serläuWasfer)

_____ auf der Wasseroberfläche laufen kann und nicht einsinkt.

Er ist (chtlei) _____ und kann deshalb von der (fläOberchenungspann)

_____ des Wassers getragen werden. Außerdem besitzt er

an seinen Füßen viele winzige Härchen. Zwischen diesen Härchen können

Luftbläschen hängen bleiben. Der Wasserläufer läuft also wie auf Luftkissen.

Dies ist ein weiterer (Gdrun) _____, warum er keine (sennas)

_____ Füße bekommt.

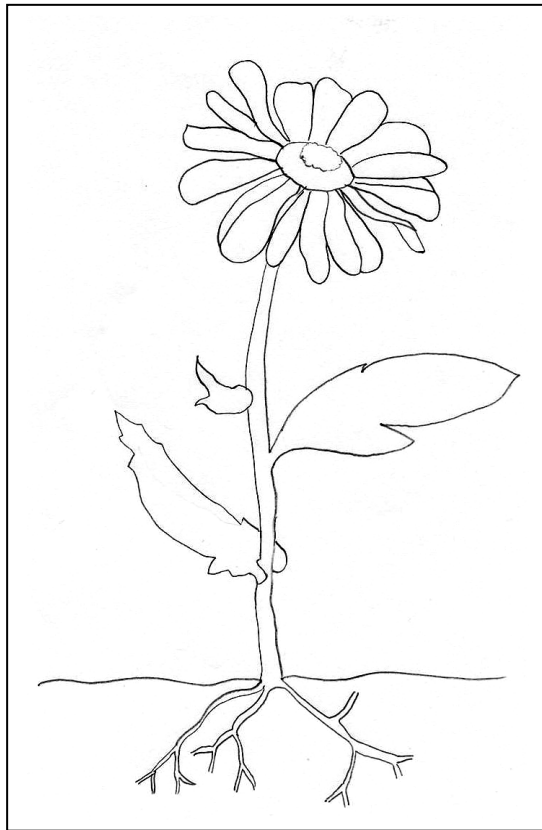
3. Kann Wasser aufwärts fließen?

Wasser fließt aufgrund der Schwerkraft immer von oben nach unten, vom Berg ins Tal. Benno der Biber behauptet: „Wasser kann auch aufwärts fließen.“ Stimmt das?

Aufgabe 1

Auf welchen Weg kommt eigentlich das Wasser in die Pflanze?

Zeichne den Weg des Wassers in die Pflanze ein. Markiere seine Richtung mit Pfeilen (↓ ↑).



Aufgabe 2



Experiment: Wo fließt das Wasser in der Pflanze?

Finde heraus, ob Wasser in Röhren hochsteigen kann. Gehe nach der Arbeitsanweisung vor. Diese findest Du im Karton.

.... bitte umblättern



Ergebnisse

Wasser kann entgegen der Schwerkraft fließen! ja ☐ nein ☐

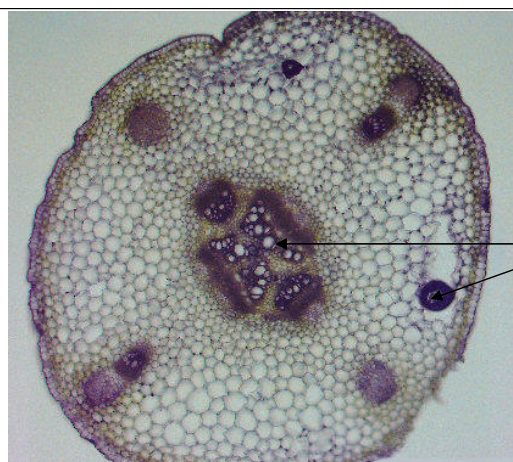
Steigt das Wasser im dicken Ende der Pipette genauso gut wie in der dünnen Pipettenspitze? ja ☐ nein ☐

Steigt Wasser in Röhrchen mit kleinem Durchmesser höher als in Röhrchen mit größerem Durchmesser? ja ☐ nein ☐

Hilf Benno, den Satz zu vervollständigen:

Je kleiner der Durchmesser des Röhrchens, desto _____.

Wie Du gerade beobachten konntest, eignen sich dünne Röhrchen (Kapillaren) gut für den Wassertransport entgegen der Schwerkraft. Die Wurzeln, Stängel und Blätter der Pflanze werden von vielen dünnen Röhrchen durchzogen. Sie werden Wasserleitungsbahnen genannt. Sie bestehen aus lang gestreckten, zu Röhren verwachsenen, abgestorbenen Pflanzenzellen. In ihnen gelangt das Wasser von der Wurzel bis in die Blattspitzen.



Wasserleitungs-
bahnen

Blattquerschnitt durch den Stängel
einer Pflanze

4. Coole Pflanzen

Menschen produzieren beim Schwitzen Schweiß zur Abkühlung. Dabei verlässt das Wasser als Wasserdampf den Körper über die Schweißdrüsen. Auch Pflanzen verdunsten Wasser **in Form von Wasserdampf** zum Schutz vor Überhitzung. Diesen Vorgang nennt man **Transpiration** (von lat.: transpirare = ausatmen). Weißt Du, an welchen Stellen das Wasser die Pflanze verlässt?

Aufgabe 1



Experiment: Das Transpirationssandwich

Die Versuchsanleitung für Aufgabe 1 findest Du im Karton.

Aufgabe 2



Lies Dir, solange Du auf das Ergebnis des Experiments wartest, den ausliegenden Infotext zum Thema „Coole Pflanzen“ durch, damit Du den Ergebnisteil beantworten kannst.

Ergebnisse

Mit Kobalt-Papier kann man Wasser nachweisen. Verfärbt es sich **rosa**, verdunstet das Blatt Wasser. Bleibt es **blau**, verdunstet das Blatt kein Wasser.

Verfärbt sich das Kobaltpapier? Schau Dir beide Seiten an.

ja, es findet Transpiration statt ☐

nein, die Pflanze transpiriert nicht ☐

Wenn ja, auf welcher Seite des Blattes verfärbt sich das Papier stärker?

Blattoberseite ☐

Blattunterseite ☐

Warum?

5. Wie gelangt das Wasser in unsere Häuser?

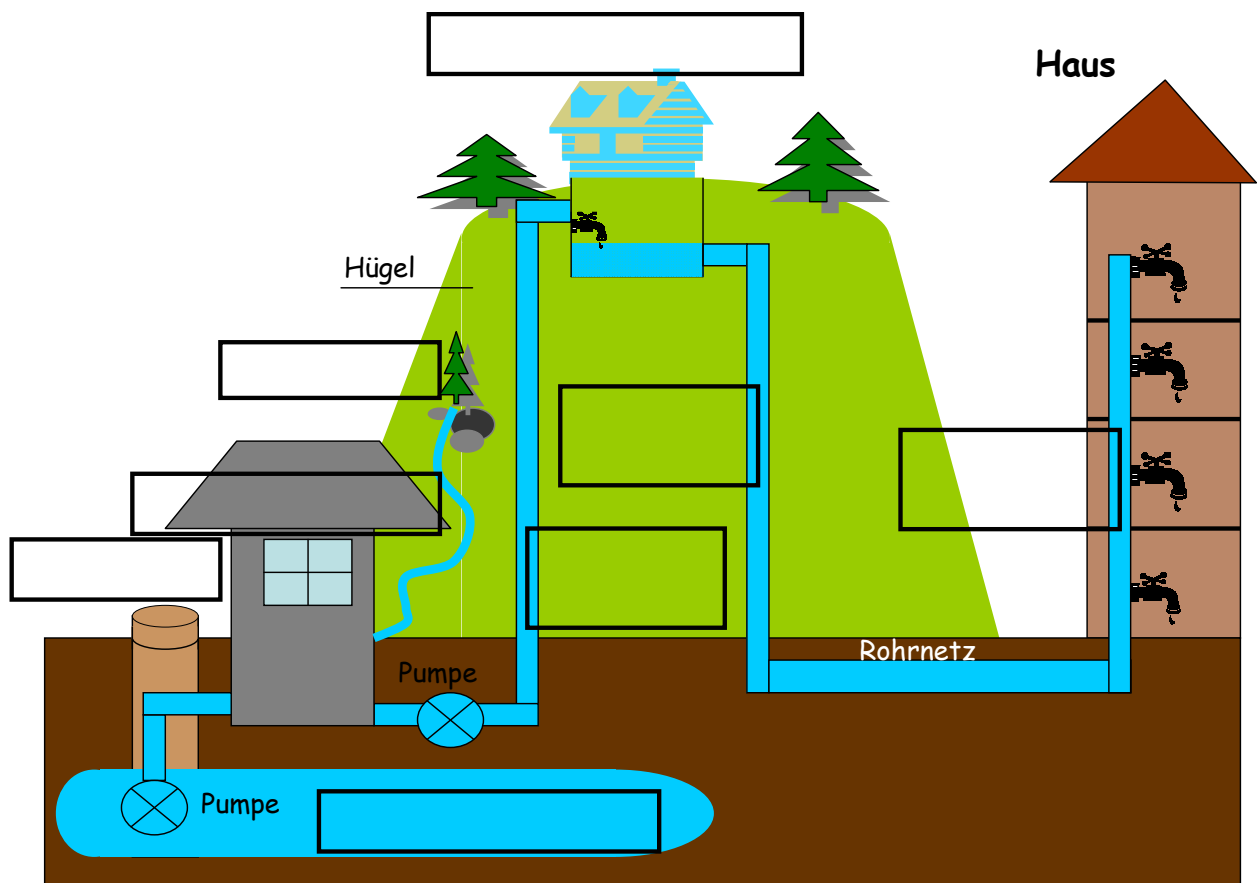
Weißt Du, woher das Wasser aus unserer Leitung stammt, und wie es in die oberen Stockwerke eines Hochhauses gelangt?

Aufgabe 1: Woher stammt unser Leitungswasser?

Bennos Freundin Bärbel behauptet: „Unser Leitungswasser kommt aus der Kläranlage!“

Was meinst Du, hat Bärbel Recht? _____

Im Karton findest Du ein Schaubild des Wasserleitungssystems. Schau Dir es genau an und beschrifte anschließend die untere Abbildung.



Aufgabe 2:**Experiment: Wie gelangt das Wasser in das oberste Stockwerk eines Hochhauses?**

Die Experimentieranleitung zu Aufgabe 2 findest Du im Karton.

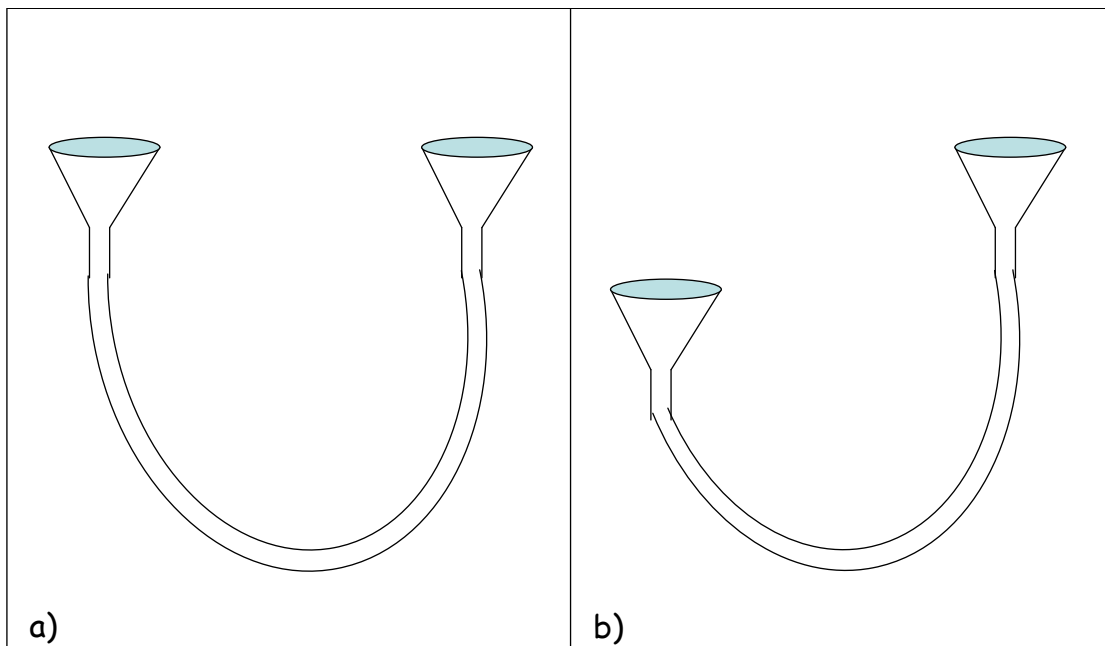
Ergebnisse:

Wie ist der Wasserstand, wenn man die beiden Schlauchenden

- a) auf gleicher Höhe hält?
- b) unterschiedlich hoch hält?



Zeichne ein, was Du beobachtet hast!



Hilf Benno, den Satz zu vervollständigen:

In verbundenen Röhren steht das Wasser immer

☐ unterschiedlich hoch

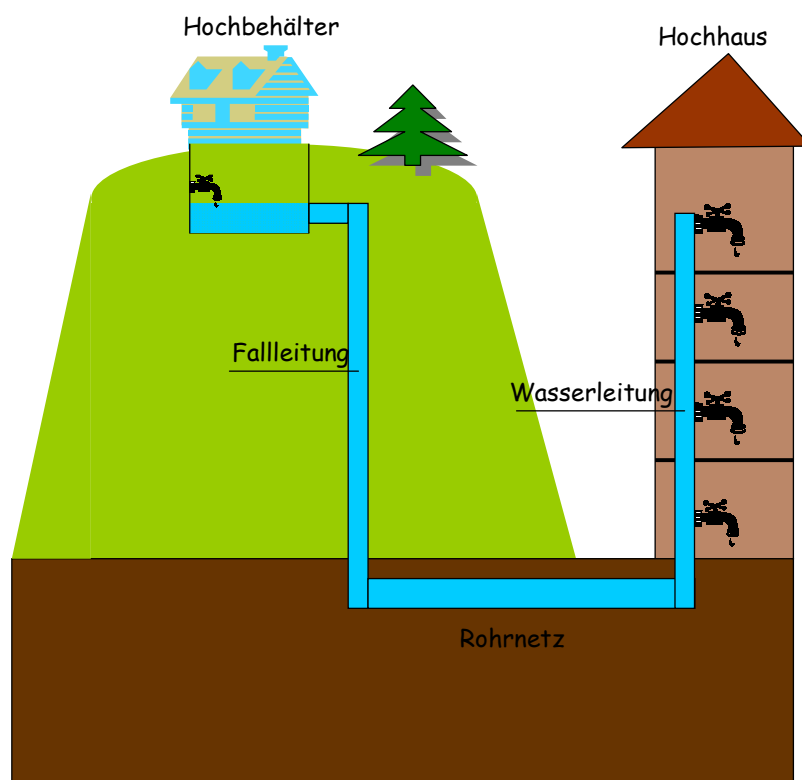
☐ gleich hoch

bitte umblättern



Aufgabe 3:

Sieh Dir die untere Abbildung an. Kannst Du nun Deinem/r Partner/in erklären, warum das Wasser ohne Pumpe bis in das oberste Stockwerk des Hochhauses gelangt. Was hat die Höhe des Hügels damit zu tun, auf dem der Hochbehälter steht. Mach Dir Notizen.



Hätte das Hochhaus noch ein weiteres Stockwerk, müsste das Wasser mit einer Pumpe nach oben gepumpt werden, da der Wasserhahn höher läge als der Hochbehälter.

6. Der Wasserkreislauf

Wasser wird auf natürlichen Weg recycelt, wie eine Mehrwegflasche. Es ist möglich, dass Du einen Tropfen Wasser, den Du einmal verbraucht hast, irgendwann wiederbekommst. Im Wasserkreislauf geht kein Wasser verloren, es ändert nur seinen Zustand. Was versteht man darunter?

Aufgabe 1

Klicke Dich am Computer durch das „Wasserkreislauf-Programm“ und erfahre mehr über den Weg, den das Wasser auf seiner Reise zurücklegt.



Die drei Zustände des Wassers!

Wasser tritt im Wasserkreislauf in **drei** Formen auf:
fest, gasförmig und flüssig.
Der Fachbegriff hierfür lautet **Aggregatzustände**.

Aufgabe 2



Ordne den 3 Aggregatzuständen des Wassers die folgenden Erscheinungsformen zu:

Eis, Hagel, Wasserdampf, Wassertröpfchen, Wolken, Schnee, Nebel;

gasförmig: _____

flüssig: _____

fest: _____

Vervollständige die Sätze:

Wechselt Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand, spricht man von _____. Wechselt Wasser vom gasförmigen in den flüssigen Zustand, spricht man von _____. Wechselt Wasser vom festen in den flüssigen Zustand, nennt man das _____. Wechselt Wasser vom flüssigen in den festen Zustand, nennt man das _____.

Zusatzstation

7. Vorsicht: Explosiv!

Schon die alten Ägypter nutzten die explosive Wirkung des Wassers beim Pyramidenbau. Was man sich darunter vorzustellen hat, zeigt das nächste Experiment.

Aufgabe 1



Lies Dir den Infotext zum Thema „Die Quellung“ durch. Den Infotext findest Du im Karton.

Aufgabe 2



Experiment: Haben Bohnen Sprengkraft?

Halte Dich an die Experimentieranleitung für Aufgabe 2, um dieser Frage auf den Grund zu gehen!

Ergebnisse:

Schaut nun unter die beiden Blumentöpfe an der Fensterbank. Vergleicht die beiden Kegel miteinander!

Was ist nach 1 - 2 Tagen mit dem Gipskegel geschehen, der die Bohnen enthält? Erkläre!



Kannst Du Dir denken, wie die Ägypter die Steinblöcke für den Pyramidenbau in die gewünschte Größe zerteilten?



Zur Verfügung standen ihnen: Bohrer, Hammer, trockene Holzkeile und Wasser.



bitte umblättern



Setze die folgenden Worte in die richtigen Lücken ein, um der Arbeitsweise der Ägypter auf die Schliche zu kommen:

dehnte, quoll, bohrten, Hammer, Risse, Wasser



Die Ägypter _____ Löcher in Steinblöcke. In die Bohrlöcher schlugen sie mit dem _____ trockene Holzkeile. Anschließend tränkten sie das trockene Holz mit _____. Das Holz _____ auf, es wurde größer und _____ sich aus. Dadurch bekamen die Steinblöcke _____ und konnten leichter gespalten werden.

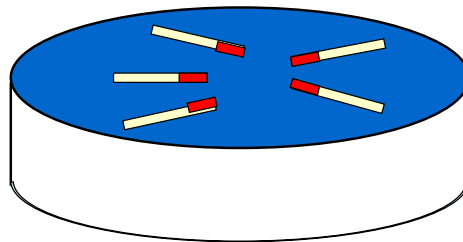
Der Streichholztanz Zusatzstation

Lass die Zündhölzer tanzen!



Hokus, Pokus, Fidibus! Mit diesem Zaubertrick wirst Du Deine Freunde ins Staunen versetzen.

1. Rolle ein Blatt Papier und klebe es zu einem ganz dünnen Stab zusammen. Fertig ist Dein Zauberstab!
2. In das eine Ende der Rolle drückst Du ein kleines Stückchen Seife, und zwar so, dass man es nicht sieht.
3. Lege mehrere Streichhölzer auf die Wasseroberfläche der Schale vor dir, wie auf dem unteren Bild.



4. Berühre zuerst mit dem seifenfreien Ende des Zauberstabs die Wasseroberfläche. Die Streichhölzer bewegen sich nicht.
5. Denk Dir nun einen Zauberspruch aus und sage ihn auf!
6. Berühre mit dem Seifenende deines Zauberstabs die Wasseroberfläche in der Nähe der Zündhölzer. Kaum zu glauben! Die Streichhölzer tanzen.
7. Abbau: Gieße das Wasser in den Abguss und spüle die Schale gut mit klarem Wasser aus. Fülle erneut Wasser ein.

In welche Richtung bewegen sich die Streichhölzer? Kreuze an!

- a) zum Stab hin ☐
- b) vom Stab weg ☐

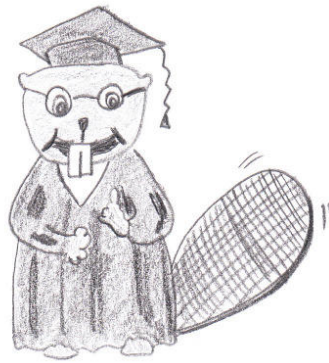
Die Erklärung für dieses Phänomen findest Du im ausliegenden Infoblatt.

Notizen

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings present.

8.4 Lösungsheft „Benno weiß Rat“

Benno weiß Rat



Station 1

Was kreucht und fleucht am Teich?

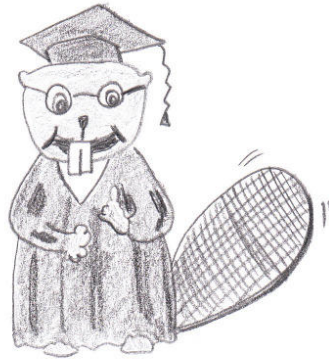
Lösung zu Aufgabe 2

Wassertierquiz:

- (1) Der Taumelkäfer lebt an der Wasseroberfläche
- (2) Die Ruderwanze lebt am Grund des Teiches
- (3) Die Libelle lebt über Wasser
- (5) Der Schwimmkäfer lebt unter Wasser
- (6) Der Rückenschwimmer lebt unter der Wasseroberfläche
- (7) Der Wasserläufer lebt auf der Wasseroberfläche
- (9) Der Wasserskorpion lebt unter Wasser
- (10) Der Wasserkäfer lebt am Grund des Teiches

Lösungswort: **Konkurrenz**

Benno weiß Rat



Station 2 Das Geheimnis des Wasserläufers

Lösungen zu Aufgabe 1:

- Die Büroklammer wird von der Wasseroberfläche getragen und sinkt nicht ins Wasser ein.
- Die Wasseroberfläche ähnelt einer Haut.
- Büroklammer und Wasserläufer sind beide sehr leicht.

Lösungen zu Aufgabe 2:

- Der uneingefettete Wasserläufer sinkt zuerst ins Wasser ein.
- Das Fett an den Füßen des Wasserläufers schützt vor Wasser und die Füße bleiben länger trocken.
- Wasser und Fett sind nicht mischbar. Fett ist Wasser abweisend.

Lösungswort: Oberflächenspannung

Lösungen zu „Wechsstaben verbuchsel“

Wasserläufer

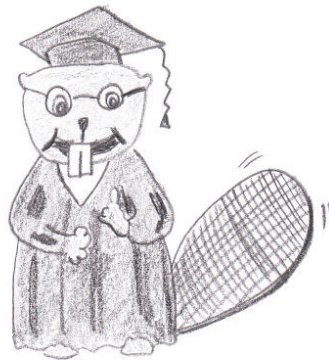
leicht

Oberflächenspannung

Grund

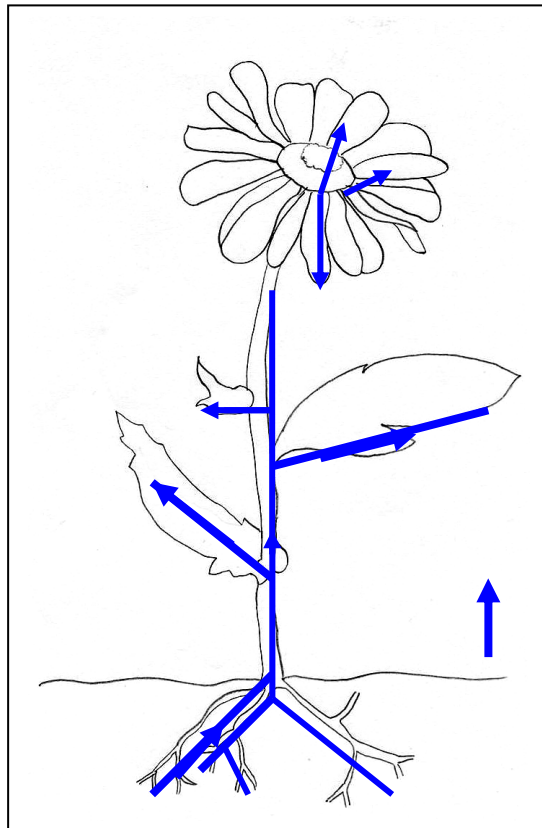
nassen

Benno weiß Rat



Station 3
Kann Wasser aufwärts fließen?

Lösung zu Aufgabe 1:



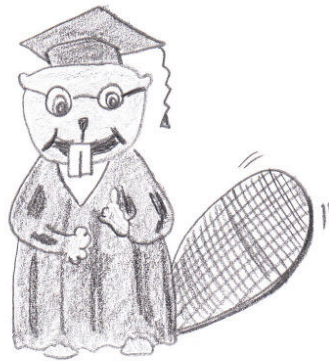
Mit den Wurzeln nimmt die Pflanze Wasser aus dem Boden auf. Über die Wasserleitungsbahnen wird das Wasser durch den Stängel in die Blätter, Blüte und Früchte der Pflanze transportiert.

Lösung zu Aufgabe 2:

Wasser kann entgegen der Schwerkraft fließen!

- Das Wasser steigt in der dünnen Pipettenspitze **höher** an als am dickeren Ende der Pipette. Der Durchmesser des Röhrchens ist entscheidend für den Wasserfluss entgegen der Schwerkraft.
- Wasser steigt in Röhrchen mit **kleinem Durchmesser höher** als in Röhrchen mit größerem Durchmesser.
- **Je kleiner** der Durchmesser des Röhrchens, **desto höher** kann das Wasser entgegen der Schwerkraft steigen.

Benno weiß Rat

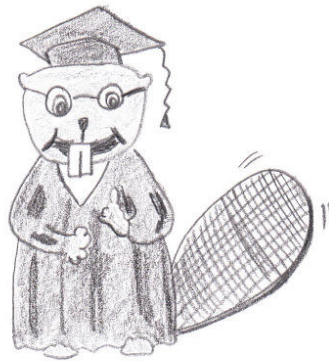


Station 4
Cooler Pflanzen

Lösung zu Aufgabe 1:

- Das Kobalt-Papier verfärbt sich rosa. Das Blatt transpiriert. Es findet Transpiration statt.
- An der Blattunterseite verfärbt sich das Kobalt-Papier stärker rosa,
- **weil** sich dort bei den meisten Pflanzen die Spaltöffnungen befinden.

Benno weiß Rat



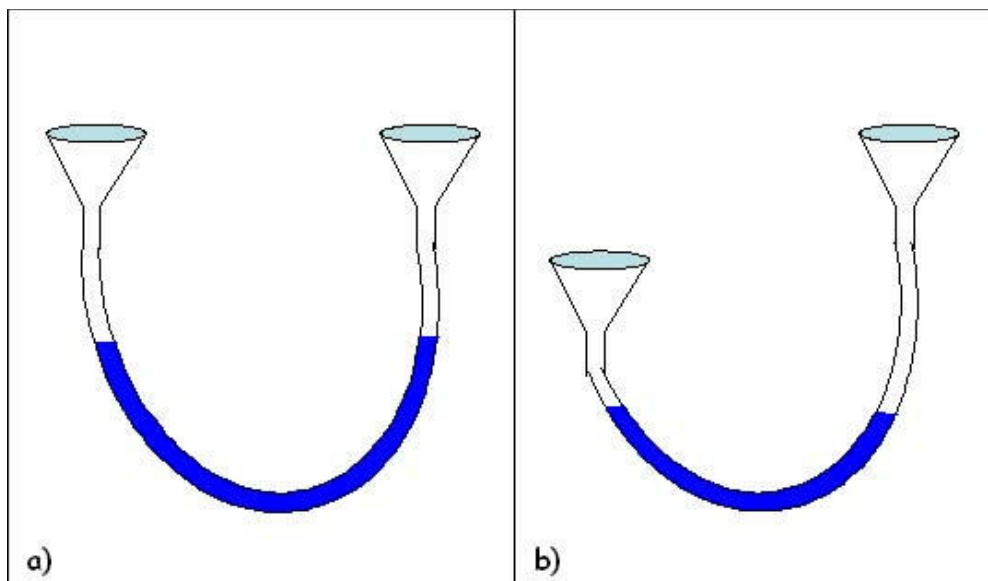
Station 5

Wie gelangt das Wasser in unsere Häuser?

Lösungen zu Aufgabe 1: Woher stammt unser Leitungswasser?

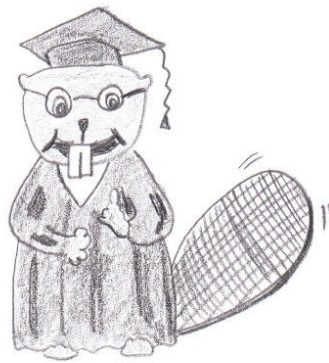
- Unser Leitungswasser kommt **nicht** aus der Kläranlage.

Lösungen zu Aufgabe 2: Wie gelangt das Wasser in das oberste Stockwerk eines Hochhauses?



- Der Wasserstand in den beiden Schlauchenden bleibt auf gleicher Höhe.
- **In verbundenen Röhren** steht das Wasser **immer gleich hoch**.
- Der **Hochbehälter** und der **Wasserhahn** im obersten Stockwerk liegen **auf gleicher Höhe**. Wie Du im Schlauch-Experiment beobachten konntest, steht das Wasser in verbundenen Schläuchen (Röhren) auf gleicher Höhe. Deshalb braucht man keine Pumpe, um das Wasser in das Haus zu pumpen.

Benno weiß Rat

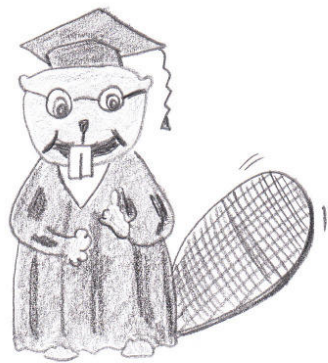


Station 6
Der Wasserkreislauf

Lösungen

- **gasförmig:** Wasserdampf;
- **flüssig:** Wassertröpfchen, Wolken , Nebel;
- **fest:** Eis, Schnee, Hagel;
- Wenn Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand wechselt, spricht man von **Verdunstung**.
- Wenn Wasser vom gasförmigen in den flüssigen Zustand, spricht man von **Kondensation**.
- Wechselt Wasser vom festen in den flüssigen Zustand, nennt man das **Schmelzen**.
- Wenn Wasser vom flüssigen in den festen Zustand wechselt, nennt man das **Gefrieren**.

Benno weiß Rat



Station 7
Vorsicht: Explosiv!

Lösungen zu Aufgabe 2:

- Nach ein bis zwei Tagen hat der Gipskegel dicke Risse bekommen und ist geplatzt. Der Gipskegel hat sich mit Wasser vollgesogen. Dabei ist das Wasser auch in die Bohnenschale eingedrungen. Die Bohne fing zu quellen an, wurde größer, schwoll an und sprengte schließlich den Gipskegel.

Lückentext:

- Die Ägypter **bohrten** Löcher in Steinblöcke. In die Bohrlöcher schlugen sie mit dem **Hammer** trockene Holzkeile. Anschließend tränkten sie das trockene Holz mit **Wasser**. Das Holz **quoll** auf, es wurde größer und **dehnte** sich aus. Dadurch bekamen die Steinblöcke **Risse** und konnten leichter gespalten werden.

8.5 Verwendete Fragebögen

- Wissenstest
- Intrinsic Motivation Inventory
- Langeweile Fragebogen

Lieber Schüler / liebe Schülerin!

Bevor Du mit der Beantwortung der Fragen beginnst, haben wir noch eine Bitte an Dich:

Wir wollen in einer wissenschaftlichen Untersuchung mehrere Fragebögen einander zuordnen. Da dies anonym geschieht, brauchen wir Deinen **persönlichen Code**, also eine Art Geheimzahl:

Datum von heute :	_____	Klasse:	_____			
Du bist ein:	<input type="checkbox"/> Mädchen	<input type="checkbox"/> Junge				
Du bist _____	Jahre	alt				
Dein Geburtsmonat (in Zahlen):	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			Beispiel: Mai = 05		
Dein Geburtsjahr :	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					Beispiel: 1996
Der 1. und 2. Buchstabe des <u>Vornamens</u> Deiner Mutter :	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>			Beispiel: <u>S</u>abine		
Deine Hausnummer :	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr></table>					

Hinweise:

- Lies Dir bitte immer die kurze Anweisung durch, **wie viele** Antworten du jeweils ankreuzen sollst.
- Kreuze die Antworten an, die **Deiner** Meinung nach richtig sind.
- Wenn Du Dich einmal vertan hast, dann male das Kästchen vollständig aus und kreuze ein anderes Kästchen an.
- Bearbeite den Fragebogen bitte **alleine** und **sorgfältig**! Er wird **nicht** benotet und bleibt **geheim**.

☺ Wir bedanken uns für Deine Hilfe ☺

Testaufgaben

1) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

Was geschieht, wenn Wasser kondensiert?

Es verändert seinen Zustand ...

- ☐ ... von fest nach flüssig.
- ☐ ... von gasförmig nach flüssig.
- ☐ ... von flüssig nach gasförmig.
- ☐ ... von flüssig nach fest.

2) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

In welcher Erscheinungsform kann flüssiges Wasser auftreten?

- ☐ Wasserdampf
- ☐ Schnee
- ☐ Nebel
- ☐ Eiskristall

3) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

Was verstehst Du unter dem Begriff „Transpiration“?

- ☐ Wasserverlust der Pflanze in Form von Wasserdampf.
- ☐ Wasserverlust der Pflanze in Form von flüssigem Wasser.
- ☐ Wasseraufnahme der Pflanze in Form von flüssigem Wasser.
- ☐ Wasseraufnahme der Pflanze in Form von Wasserdampf.

4) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

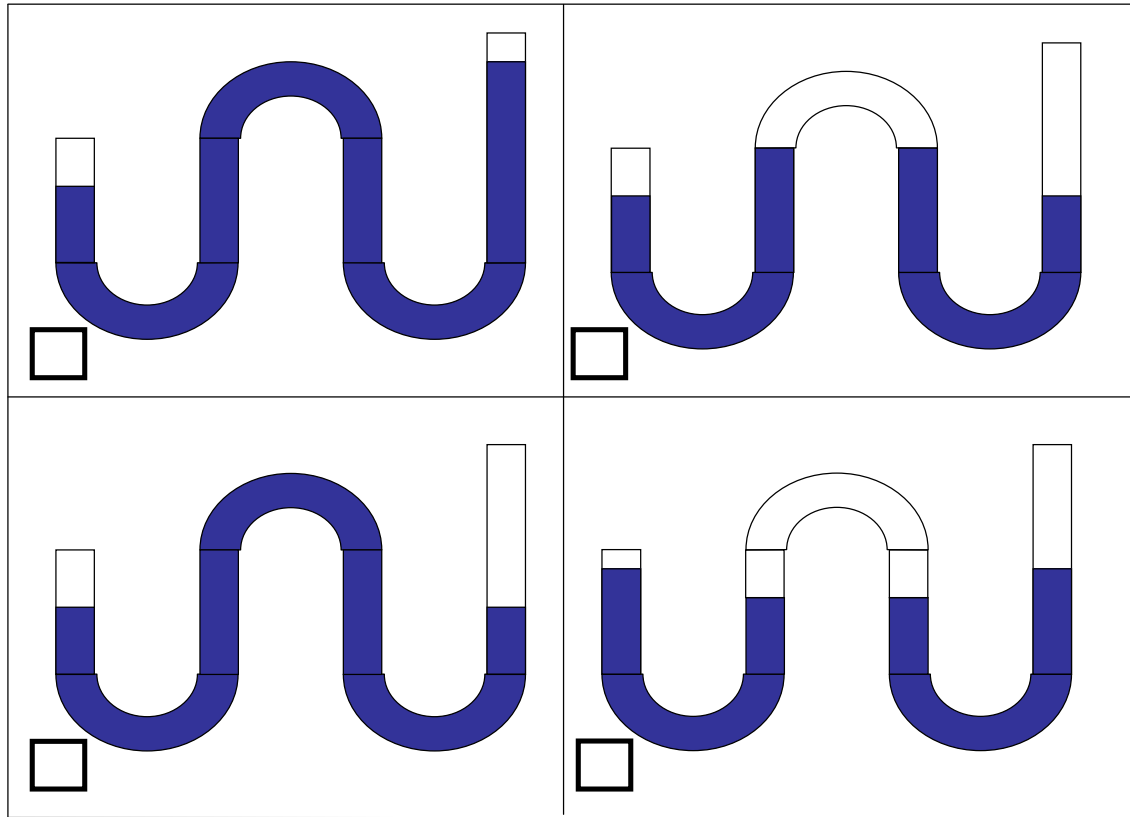
Wie nennt man die Öffnungen, durch die Pflanzen Wasserdampf verdunsten?

Pflanzen verdunsten Wasserdampf durch die ...

- ☐ ... Atmungsöffnungen
- ☐ ... Schweißöffnungen
- ☐ ... Gaswechselöffnungen
- ☐ ... Spaltöffnungen

5) **Eine** Möglichkeit ist richtig. Kreuze die **richtige Möglichkeit** an!

Wie steht Wasser in offenen, verbundenen Röhren?



6) **VORSICHT!** **Eine** Aussage ist **falsch**! Kreuze diese an!

Wasserläufer können auf der Wasseroberfläche laufen, weil...

- ☐ ... sie leicht sind.
- ☐ ... die Trägheit des Wassers ihr Einsinken verhindert.
- ☐ ... von der Oberflächenspannung des Wassers getragen werden.
- ☐ ... zwischen den Härchen an ihren Füßen Luftbläschen hängen bleiben und sie somit wie auf „Luftkissen“ laufen.

7) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

Kann Wasser entgegen der Schwerkraft fließen?

- ☐ ja, in dünnen Röhren
- ☐ ja, in dickwandigen Röhren
- ☐ ja, in dünnwandigen Röhren
- ☐ nein

8) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

Welche Funktion haben die Schließzellen der Pflanze?

- ☐ Sie regeln das Öffnen und Schließen der Blüten bei Regen und Sonnenschein.
- ☐ Sie regeln das Öffnen und Schließen der Blüten bei Tag und Nacht.
- ☐ Sie regeln die Wasserverdunstung an den Pflanzenstängeln.
- ☐ Sie regeln die Wasserverdunstung in den Blättern der Pflanze

9) **Eine** Aussage ist richtig. Kreuze diese an!

Auf welchen Weg kommt das Wasser in unsere Häuser?

- ☐ Brunnen → Kläranlage → Wasserwerk → Hochbehälter → Haus.
- ☐ Grundwasser → Brunnen → Wasserwerk → Hochbehälter → Haus.
- ☐ Brunnen → Kläranlage → Hochbehälter → Wasserwerk → Haus.
- ☐ Grundwasser → Brunnen → Hochbehälter → Wasserwerk → Haus.

Stimmt's oder stimmt's nicht? Kreuze an!

		stimmt	stimmt nicht
10.	Quellen werden vom Grundwasser gespeist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Wenn Wasser verdunstet, bilden sich Wolken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Nebel setzt sich aus gasförmigem Wasser zusammen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte schau noch einmal, ob Du alle Fragen beantwortet hast!



Auf der nächsten Seite geht's weiter!

Nun kannst Du die Stationen zum Thema „Wasser - Grundlage des Lebens“ beurteilen. Was trifft auf Dich zu? Mach Dein Kreuz in jeder Zeile **nur einmal**!

	Trifft überhaupt nicht zu	Trifft nicht zu	Teils, teils	Trifft zu	Trifft völlig zu
Diese Stationen haben Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, dass ich eine Wahl hatte, diese Stationen auszuüben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, als ob es nicht meine eigene Wahl war, diese Stationen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte mich für ziemlich gut bei der Bearbeitung der Stationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir gefiel die Ausübung dieser Stationen sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit meiner Leistung bei den Stationen zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Stationen konnten meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bearbeitete die Stationen, weil ich es musste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während dieser Stationen habe ich darüber nachgedacht, wie sehr sie mir gefallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühlte mich während der Bearbeitung der Stationen unter Druck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Stationen als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich bei der Bearbeitung der Stationen überhaupt nicht nervös gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach längerer Beschäftigung mit den Stationen zum Thema „Wasser“ fühlte ich mich ziemlich fachkundig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Stationen als recht angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bearbeitete die Stationen, weil ich keine Wahl hatte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühlte mich während der Bearbeitung der Stationen sehr angespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ziemlich geschickt bei der Bearbeitung der Stationen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, ich war ziemlich gut bei diesen Stationen, verglichen mit anderen Schülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auf der nächsten Seite geht's weiter!

	Trifft überhaupt nicht zu	Trifft nicht zu	Teils, teils	Trifft zu	Trifft völlig zu
Die Stationen konnte ich nicht sehr gut bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde die Stationen als sehr interessant bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war nicht wirklich frei in der Wahl, die Stationen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, dass ich die Stationen bearbeiten musste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bearbeitete die Stationen, weil ich es wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ängstlich, während ich an den Stationen gearbeitet habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war bei der Bearbeitung der Stationen sehr entspannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auf der nächsten Seite geht's weiter!

Wie fühlst Du Dich im Natur und Technik Unterricht (Biologie + naturwissenschaftliches Arbeiten)? Kreuze an, was auf Dich zutrifft!

	stimmt genau	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn ich schneller als andere mit etwas fertig bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn ich schneller als andere mit einer Probe fertig bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn unser Lehrer die neuen Hausaufgaben erklärt, obwohl ich sie schon verstanden habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas durchnehmen, wo ich schon weiß, wie es geht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn unser Lehrer etwas erklärt, was ich schon verstanden habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn unser Lehrer etwas erklärt, was wir schon gemacht haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas üben, was zu leicht für mich ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir wiederholen, was wir durchgenommen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn ich mich bei einer Frage melde, während andere Kinder noch überlegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas durchnehmen, was wir schon gemacht haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas üben, was zu schwierig für mich ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas durchnehmen, was ich nicht verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas durchnehmen, was mir zu schwer ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn unser Lehrer etwas erklärt, aber ich es trotzdem nicht verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn ich früher als andere Kinder mit einer Aufgabe fertig bin und auf die anderen warte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich langweile mich im Natur und Technik-Unterricht, wenn wir etwas durchnehmen, was ich schon weiß oder kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner für die Möglichkeit bedanken, am Lehrstuhl für Biologiedidaktik in Bayreuth zu promovieren, für seinen unerschöpflichen Ideenreichtum, die gute Betreuung und die vielen Dienstreisen, die ich während der Mitarbeit am EU-Projekt „COSMOS“ unternehmen durfte.

Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Sabine Hübner, die mir vom ersten Tag an unermüdlich zur Seite stand und meine Promotionszeit extrem kurzweilig gestaltete. Sie war mir ständige Inspirationsquelle sowohl die universitäre Lehre, als auch die Promotion betreffend.

Herrn Dr. Franz-Josef Scharfenberg möchte ich für seine ständige Hilfsbereitschaft und seine vortrefflichen Ideen und Anregungen zu didaktischen und statistischen Fragestellungen ganz herzlich danken.

Ebenso dankbar bin ich allen Mitarbeitern des Lehrstuhls sowie meinen Promotionskollegen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere Christine Geier, Cathérine Conradty, Barbara Meissner und Stefan Gross.

Mein vorletzter Dank gilt allen, die sich bis hierher durchgekämpft haben. Gleich habt Ihr es geschafft!

Zu guter Letzt möchte ich mich bei jenen bedanken, denen ich am meisten zu verdanken habe, nämlich meiner Familie, meinen Freunden und meinem Florian.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner erkläre ich, dass ich anderweitig mit oder ohne Erfolg nicht versucht habe, diese Dissertation einzureichen. Ich habe keine gleichartige Doktorprüfung an einer anderen Hochschule endgültig nicht bestanden.



Bayreuth, 16. Dezember 2009

Sabine Gerstner